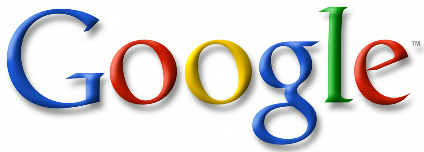
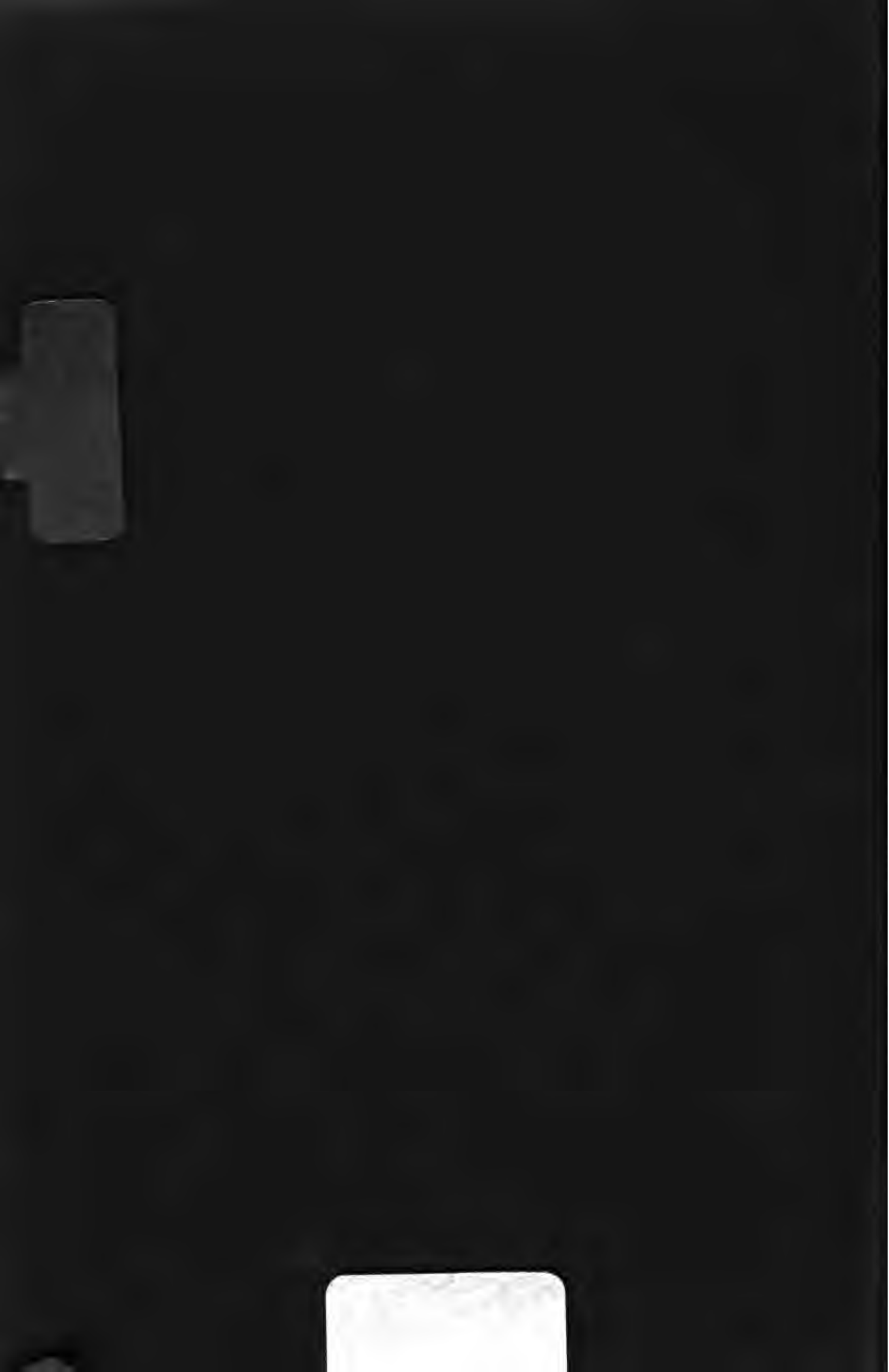


CARL FLÜGGE

GRUNDRISS DER HYGIENE

SECHSTE AUFLAGE

Verlag von Veit & Comp. in Leipzig




EX: LIBRIS
H.L.
DR: MED: LEPEHNE



GRUNDRISS

DER

HYGIENE

FÜR STUDIERENDE UND PRAKTISCHE ÄRZTE, MEDIZINAL- UND VERWALTUNGSBEAMTE

VON

DR. MED. CARL FLÜGGE,

O. Ö. PROFESSOR UND DIREKTOR DES HYGIENISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT BRESLAU.

SECHSTE, UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT 193 FIGUREN IM TEXT.



LEIPZIG

VERLAG VON VEIT & COMP.

1908

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort zur sechsten Auflage.

Wie bei der vorigen Auflage habe ich auch diesmal erst nach Ablauf von fünf Jahren Zeit gefunden, den „Grundriß“ neu zu bearbeiten; und wiederum war nach so langer Zeit eine völlige Umarbeitung zahlreicher Abschnitte des Buches unerläßlich. Die stärkste Änderung haben die Kapitel erfahren, welche die übertragbaren Krankheiten behandeln. Auf diesem Gebiet sind in den letzten Jahren weitaus die bedeutsamsten wissenschaftlichen Fortschritte zu verzeichnen gewesen, und außerdem erschien es geboten, die praktisch so ungemein wichtigen Bestimmungen des inzwischen erlassenen preußischen Seuchengesetzes und der dazu gehörigen Ausführungsbestimmungen eingehend zu berücksichtigen. Daher habe ich, um Ärzten und Medizinalbeamten im „Grundriß“ eine den neueren Anschauungen entsprechende Orientierung über alle wichtigeren parasitären Krankheiten zu geben, die Seuchenlehre ergänzt und erheblich ausführlicher behandelt, als in den früheren Auflagen, und habe die bisher abgetrennte Morphologie und Biologie der Parasiten mit der

Darstellung der Verbreitungsweise der einzelnen Seuche und ihrer Bekämpfung gemäß den Bestimmungen des Seuchengesetzes vereinigt. Ich hoffe damit dem „Grundriß“ eine insbesondere auch den beamteten Ärzten willkommene veränderte Gestalt gegeben zu haben.

Breslau, Ende Oktober 1907.

C. Flügge.

Inhalt.

Sechstes Kapitel.

Siebentes Kapitel.

Achtes Kapitel.

Neuntes Kapitel.

Seite

Anhang.

Einleitung.

Zahlreiche statistische Erhebungen über die Sterblichkeitsverhältnisse der jetzt lebenden Menschen liefern uns den Nachweis, daß wir von dem biblischen Ideal „Unser Leben währet 70 Jahr“ weit entfernt sind. Wenn dies Alter die normale Grenze darstellt, an welcher der menschliche Körper im Kampf ums Dasein erschöpft wird, so muß eine ausschließlich aus solchen normalen Individuen bestehende Bevölkerung eine jährliche Sterblichkeit von 14·3 p. m. zeigen, d. h. auf 1000 Lebende müssen im Jahre 14·3 Gestorbene entfallen. Es befinden sich alsdann unter jenen 1000 Lebenden 14·3 im ersten Lebensjahre, 14·3 im zweiten, und so fort bis schließlich 14·3 im 70. Lebensjahre. Nur die letzte Altersklasse stirbt im laufenden Jahre fort, und die Zahl der Bevölkerung wird dafür durch 14·3 Lebendgeborene regeneriert, welche wiederum je eine Lebenserwartung von 70 Jahre haben.

Selbstverständlich müssen in Wirklichkeit gewisse Abweichungen von diesem Schema auftreten. Auch bei einer unter den günstigsten Verhältnissen lebenden Bevölkerung wird die Mortalität größer, die durchschnittliche Lebenserwartung geringer und insbesondere die Verteilung der einzelnen Altersklassen weit weniger gleichmäßig sein.

Betrachten wir aber die Bewegung der Bevölkerung in den modernen zivilisierten Ländern, so werden wir überrascht durch ihr völlig abnormes und zugleich nach Ländern und Bevölkerungsgruppen wechselndes Verhalten.

Die folgende, für Preußen abgeleitete Sterblichkeitstafel zeigt zwar, daß die absolute Zahl der Todesfälle unter den erwachsenen Lebensaltern bei etwa 70 Jahren am größten ist (ein gesetzmäßiges Verhalten, das auch für andere europäische Länder statistisch festgestellt wurde); daß aber im Gesamtdurchschnitt die Lebenserwartung viel geringer ist, und daß namentlich den niederen Altersklassen bis zum dritten Jahre eine enorm hohe Sterblichkeit zukommt. (Tab. 1.)

In Tabelle 2 ist ferner die Zahl der Todesfälle pro 1000 Menschen in den größeren europäischen Staaten angegeben. Die Sterblichkeit zeigt danach in verschiedenen Ländern sehr bedeutende, bis 100 Prozent steigende Schwankungen.

Tabelle 1.

Alter in vollen Jahren:	Sterbetafel für Preußen 1890/1891. Zahl der zu Anfang der nebenbezeichneten Altersstufen Überlebenden **Absterbeordnung:**		Von Tausend sterben jährlich bis zur Erreichung der nächsten Altersstufe:		Wahrscheinliche Lebensdauer in Jahren vom Eintritt in die nebenbezeichnete Altersklasse an gerechnet **Lebenserwartung:**	
	M.	W.	M.	W.	M.	W.
0	100 000	100 000	220·9	188·7	45·7	51·5
1	77 911	81 135	65·4	63·0	56·2	60·0
2	72 820	76 027	28·6	28·2	57·4	60·9
3	70 740	73 885	19·1	18·8	57·2	60·7
4	69 390	72 497	13·8	14·0	56·7	60·2
5	68 430	71 486	6·9	7·2	56·1	59·5
10	66 119	68 954	3·2	3·8	51·9	55·3
15	65 068	67 663	4·7	4·2	47·3	50·7
20	63 566	66 244	6·5	5·3	42·9	46·1
25	61 539	64 507	6·9	6·7	38·6	41·6
30	59 454	62 375	8·3	8·1	34·4	37·2
35	57 033	59 898	10·5	9·4	30·2	32·9
40	54 115	57 133	13·6	10·3	26·2	28·7
45	50 544	54 245	16·7	11·7	22·3	24·5
50	46 462	51 147	21·9	15·5	18·6	20·4
55	41 590	47 297	30·1	23·5	15·2	16·4
60	35 702	41 995	41·6	35·3	12·0	12·8
65	28 876	35 081	61·4	56·2	9·1	9·6
70	21 039	26 276	91·7	86·8	6·8	7·1
75	13 005	16 689	140·2	133·4	4·7	4·9
80	6 111	8 156	212·6	198·3	3·6	3·7
85	1 849	2 701	287·3	268·1	3·1	3·2
90	340	567	395·8	342·3	2·7	2·9
95	27	70	388·5	408·1	2·7	2·7
100	2	5				

Tabelle 2.

	Gestorben auf 1000 Einwohner:	
	1874—83	1884—93
Deutschland	26·2	24·6
Österreich	30·6	28·8
Ungarn	35·9	32·2
Frankreich	22·4	22·4
England	20·7	19·2
Schweden	18·4	16·9
Norwegen	17·2	16·9
Italien	29·1	26·9
Rußland	35·4	34·7

Noch stärkere örtliche Kontraste ergeben sich z. B. bei einer Parallele aus den Jahren 1849—57 zwischen 17 ländlichen, relativ gesunden Distrikten Englands und den Distrikten von Liverpool und Manchester (Tab. 3). Am bedeutendsten fallen endlich die Schwankungen aus, wenn die Wohlhabenheit einer städtischen Bevölkerung oder auch, als Ausdruck derselben, die Höhe der Miete in Rechnung gezogen wird (Tab. 4, Breslau, 1890).

Tabelle 3.

	Von 1000 starben jährlich:		
	In den 51 Healthy Districts	In den Manchester Districts	In den Liverpool Districts
Männer	17·56	35·38	40·97
Weiber	16·23	30·46	36·36

Tabelle 4.

Betrag der Wohnungsmiete:	Auf 1000 Einwohner Gestorbene:
bis 300 Mk.	20·7
„ 750 „	11·2
„ 1500 „	10·7
über 1500 „	6·5

Diese verschiedene Mortalität der einzelnen Altersklassen; die kolossale Steigerung der Todesfälle in den ersten Lebensjahren; und die starken Kontraste der Sterblichkeit zwischen verschiedenen Ländern und Bevölkerungsklassen lassen die jetzige Absterbeordnung nicht etwa als einfache Folge gewisser unabänderlicher, teils vererbter, teils erworbener krankhafter Abweichungen des menschlichen Körpers erscheinen.

Wir sehen vielmehr, daß in den Healthy Districts Englands und bei den Wohlhabenden Verhältnisse vorliegen, welche dem erreichbaren Ideal sehr nahe kommen. Die Gesamtmortalität hält sich dort zwischen 16 und 17 pro mille, die vorwiegende Beteiligung des Säuglingsalter tritt ganz zurück, und es ist damit gleichsam eine Norm geliefert, welche den unvermeidlichen Störungen der idealen Absterbeordnung Rechnung trägt und für die Praxis Gültigkeit beanspruchen darf.

Wenn nun die Bewegung der Bevölkerung in den weitaus größten Teilen der zivilisierten Länder auch von dieser Norm so außerordentlich abweicht, dann berechtigt uns das zu der Annahme, daß allerlei unnatürliche und abnorme äußere Verhältnisse, unter denen der heutige Kulturmensch zu leben gezwungen ist, seine Existenz erschweren und sein vorzeitiges Erliegen bewirken. Es ist von vornherein wahrscheinlich, daß manche jener schädigenden Momente vermeidbar und viele der jetzt vorherrschenden Todesursachen durch menschliches Zutun einer Einschränkung zugänglich sind.

In Tabelle 5 ist angegeben, mit welchem Prozentsatz sich in Preußen die einzelnen Krankheiten an der Gesamtmenge der Todesfälle beteiligen. Trotzdem diese Statistik noch vielfache Mängel aufweist, welche namentlich in der großen Zahl der unbekannten resp. der unbrauchbar benannten Todesursachen liegen (z. B. „Altersschwäche"), so läßt sich aus derselben doch so viel entnehmen, daß allein etwa 20 Prozent aller Todesfälle auf Infektionskrankheiten und Ernährungsstörungen der Kinder zu rechnen sind; 10 Prozent entfallen auf Tuberkulose, ein wechselnder Anteil auf andere Infektionskrankheiten, 8—13 Prozent auf akute Erkrankungen der Respirationsorgane. Die große Mehrzahl aller Todesfälle ist also auf Infektionen, Anomalien der Nahrung und Störung der Wärmeregulierung zurückzuführen; d. h. die tödlichen Erkrankungen kommen zum größeren Teile durch Einwirkung von schädlichen Einflüssen unserer äußeren Umgebung auf den bis dahin gesunden Körper zustande.

Die Bedeutsamkeit der äußeren Umgebung für den Gesundheitszustand einer Bevölkerung kann im Grunde für uns nichts Überraschendes haben. Physiologie und Pathologie haben uns längst gelehrt,

Tabelle 5.

Todesursachen.	In Preußen betrafen von den nebenbezeichneten Todesursachen unter 100 Todesfällen 1903:
1. Angeborene Lebensschwäche	6·56
2. Einheimischer Brechdurchfall	4·12
3. Diarrhöe der Kinder	3·90
4. Scharlach	1·76
5. Masern und Röteln	1·37
6. Diphtherie und Krupp	2·11
7. Keuchhusten	1·65
8. Typhus	0·41
9. Tuberkulose	9·89
10. Lungenentzündung	7·66
11. Andere Krankheiten der Atmungsorgane	5·07
12. Herzkrankheiten	5·69
13. Gehirnschlag	2·99
14. Andere Krankheiten des Nervensystems	3·15
15. Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane	1·56
16. Krebs	3·00
17. Altersschwäche (über 60 Jahre)	10·50
18. Selbstmord	1·06
19. Mord und Totschlag	0·10
20. Unglücksfälle	1·88
21. Andere benannte Todesursachen	15·13
22. Todesursache unbekannt	4·03

daß der Mensch nur lebensfähig ist durch einen steten regen Wechselverkehr mit seiner Umgebung, aus welcher er Nahrung, Wasser, Luft usw. aufnimmt, an welche er Wärme, Wasser, Kohlensäure und eine Reihe von anderen Exkreten abgibt, daß aber nur eine Umgebung von bestimmter, in gewissen engen Grenzen schwankender Beschaffenheit einen normalen Ablauf des Lebens ermöglicht. Auf jede zu intensive oder zu anhaltende Abweichung im Verhalten der äußeren Umgebung reagiert der Körper mit krankhafter Störung.

So spielt z. B. die uns umgebende Luft eine wichtige Rolle bei der Entwärmung des Körpers. Je nach der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Bewegung der Luft schwankt die Menge der durch

dieselbe dem Körper entzogenen Wärme, und dieser muß fortwährend feine Reguliervorrichtungen in Tätigkeit setzen, um unter der wechselnden Beschaffenheit der Außenluft seine Eigentemperatur zu bewahren. Erhebt sich aber die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft über einen gewissen Grad hinaus, so stößt die erforderliche Entwärmung des Körpers auf unüberwindliche Schwierigkeiten, und es resultieren schwere Störungen in den Funktionen des Organismus. Ebenso wenn zu plötzliche und intensive Schwankungen der Luftwärme eintreten, versagt die sonst schützende Regulierung, und es kommt zu krankhaften Affektionen.

Die Außenluft ist dann noch in anderer Beziehung wichtig. Ihre chemische Beschaffenheit kann sich in Wohnungen oder Fabrikräumen ändern durch Aufnahme von fremden, z. T. giftigen Gasen, die den Heizeinrichtungen, den Beleuchtungsanlagen oder dem Arbeitsmaterial entstammen. Störungen des Wohlbefindens und Krankheitssymptome sind die Folge, wenn der Mensch längere Zeit in solcher Luft zu atmen gezwungen ist; und nur dann bleiben die Störungen aus, wenn eine stete Beseitigung der fremden Gase und eine stete Zufuhr reiner Außenluft in solchem Maße stattfindet, daß die Veränderung der Luftbeschaffenheit sich innerhalb gewisser Grenzen hält. — Ferner bringen wir bei der Atmung sehr große Mengen Luft in innige Berührung mit Teilen der Lungenoberfläche, welche für die Ansiedelung gewisser Parasiten besonders empfänglich sind. Sorgen wir nicht dafür, daß die Außenluft frei von solchen parasitären Keimen gehalten wird, so können schwere Erkrankungen die Folge sein.

Weiter gehören zu der Außenwelt, mit welcher wir täglich in engste Beziehung treten, Boden und Wasser; beide dienen eventuell als Ansiedelungsstätte für Infektionserreger, und dann sind sofort eine Menge von Gelegenheiten zur Übertragung der pathogenen Keime auf den Menschen und unter Umständen zur plötzlichen Ausbreitung von Epidemien gegeben. — Aus der äußeren Umgebung entnehmen wir ferner die Nahrungsmittel, die in bestimmter Quantität erforderlich sind, um den Bestand des Körpers zu erhalten. Auch hier aber bedrohen uns verschiedene Gefahren; eine falsche Zusammensetzung der Kost, ein Überwiegen oder ein Fehlen des einen oder andern Nährstoffs, ein Durchsetzen der Nahrung mit Fäulnisorganismen und deren Produkten, oder gar ein Anhaften von Parasiten kann zur Krankheitsursache werden.

Noch mannigfaltiger gestalten sich die Einflüsse der Außenwelt infolge der künstlichen Einrichtungen, durch welche der Kultur-

mensch seine natürliche Umgebung modifiziert, zum Teil in der bewußten Absicht, sich gegen die Gefahren der letzteren zu schützen. Er wählt sich zweckentsprechende Kleidung, baut sich Wohnungen, gründet Städte; durch Industrie und Verkehrsmittel macht er sich unabhängig von jeder örtlichen und zeitlichen Beschränkung seiner Bedarfsmittel; er schafft sich von fernher reines Wasser, wo die Örtlichkeit kein solches gewährt; er importiert fehlende Nahrungsmittel und konserviert die überflüssig vorhandenen. Durch die ganze so geschaffene künstliche Umgebung können aber wieder neue schädliche Momente eingeführt werden. Die Wohnung mag gegen Witterungseinflüsse Schutz gewähren; aber leicht hemmt sie auch die normale Entwärmung des Körpers, führt zur Anhäufung von Abfallstoffen und zur Aufnahme von Infektionskeimen. Das hergeleitete Wasser mag frisch und rein sein; aber möglicherweise nimmt es giftige Stoffe aus dem Material der Leitung auf. Die Nahrung mag selbst für die größten Ansammlungen von Menschen in genügender Menge beschafft werden; aber vielfach ist dann die Qualität abnorm, die Konservierung ungenügend, und alljährlich sehen wir in den großen Städten Tausende von Kindern gerade durch Mängel der dorthin importierten Nahrung zugrunde gehen. Mag Beruf und Beschäftigung in unserer an Erfolgen reichen Zeit von Menschen höchste Befriedigung gewähren, es fragt sich, ob nicht auch diese Erfolge oft mit schwerer Schädigung der Gesundheit erkauft werden müssen.

So birgt denn die ganze natürliche wie künstlich modifizierte Umgebung des Menschen vielfache Krankheitsursachen, die eben um so gefährlicher erscheinen, weil der Mensch mit allen seinen Funktionen auf einen steten regen Verkehr mit der Außenwelt angewiesen ist. Tritt daher abnorme Sterblichkeit innerhalb einer Bevölkerung auf, oder kommt es zu auffällig starker Erkrankung einzelner Lebensalter, oder greifen epidemische Krankheiten um sich, — fast ausnahmslos werden wir in den jeweiligen Verhältnissen der äußeren Umgebung die Ursache zu suchen haben.

Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß wir das größte Interesse an einer gründlichen Durchforschung und genauen Erkenntnis der äußeren Lebenssubstrate und der dort gelegenen Krankheitsursachen haben.

Die medizinische Wissenschaft früherer Jahre hat der äußeren Umgebung des Menschen nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Sie beschäftigte sich vorzugsweise mit den Vorgängen im menschlichen Körper, und wenn sie einmal die Beziehungen der äußeren Lebenssubstrate zum Menschen berücksichtigte, so begnügte sie sich mit

einer relativ rohen Empirie und mit ergänzenden Spekulationen, exaktere Forschung auf diesem Gebiet andern Disziplinen, der Meteorologie, Chemie, Botanik, Zoologie überlassend. Da aber erfahrungsgemäß in naturwissenschaftlichen Disziplinen lediglich induktive und experimentelle Methode zu sicheren Erfolgen führt; und da wiederum die Vertreter jener andern Fächer ihre Arbeiten nicht nach medizinischen Gesichtspunkten wählten und ausführten, war der Fortschritt in der Erkenntnis der uns interessierenden Verhältnisse der Außenwelt bisher nur ein äußerst langsamer.

Erst vor wenigen Jahrzehnten hat sich — teils infolge des schnellen Anwachsens der großen Städte und der dort sich häufenden Gefahren für die Gesundheit, teils unter dem mächtigen Eindruck der verheerenden Cholerainvasionen — in den weitesten Kreisen die Überzeugung Bahn gebrochen, daß die Erkenntnis der äußeren Umgebung des Menschen und der in dieser gelegenen Krankheitsursachen eines der wichtigsten Ziele der medizinischen Forschung ist, und daß die hier gewonnenen Untersuchungsergebnisse einen bedeutsamen Teil der medizinischen Lehre ausmachen.

Diese Forschung und diese Lehre bilden die spezielle Aufgabe der Hygiene. Kurz definiert ist demnach die Hygiene derjenige Teil der medizinischen Wissenschaft, welcher sich mit der gewohnheitsmäßigen Umgebung des Menschen beschäftigt und diejenigen Momente in derselben zu entdecken sucht, welche häufiger und in erheblicherem Grade Störungen im Organismus zu veranlassen oder die Leistungsfähigkeit herabzusetzen imstande sind.

Begrenzt man das Forschungs- und Lehrgebiet der Hygiene in der angegebenen Weise, so kollidiert dasselbe nicht etwa mit einer der übrigen medizinischen Disziplinen, sondern bildet für diese eine notwendige Ergänzung. Die meisten Berührungspunkte zeigt die Hygiene mit der allgemeinen Pathologie; aber auch dieser gegenüber ergibt sich eine einfache und natürliche Scheidung. Die allgemeine Pathologie beschäftigt sich zwar ebenfalls mit den Ursachen der Krankheiten; sie verfolgt dieselben indes nur innerhalb des menschlichen Körpers, ihr Studium beginnt erst von dem Moment an, wo die äußere Ursache mit dem Körper in Berührung getreten ist. Das Verhalten der krankheitserregenden Ursachen außerhalb des menschlichen Körpers, die Entstehung derselben in den den Menschen umgebenden Medien, ihre Entwicklung, Verbreitung und die Wege, auf denen sie zum Menschen Zugang finden, das alles bildet die Aufgabe der Hygiene.

Begreift man freilich unter Hygiene, so wie es früher geschah, die Summe der praktischen Maßnahmen zur Förderung der Volks-

gesundheit, so ist die Hygiene so alt wie die älteste Kultur. Schon im alten Ägypten bestanden hygienische Vorschriften über Nahrungsmittel, über Beschau der Schlachttiere, ferner über Kleidung und Reinlichkeit. Ähnlich enthält die mosaische Gesetzgebung Vorschriften über Nahrung, Wasserbezug, Reinhaltung des Körpers, der Kleidung, der Wohnung, die ein volles Verständnis des Gesetzgebers für die hygienische Bedeutung solcher Gebote zeigen. Im alten Rom wurde bekanntlich durch ein Netz unterirdischer Kanäle die Entfernung der Abfallstoffe besorgt; der Verkauf von Nahrungsmitteln, die Straßenreinlichkeit, gewerbliche Anlagen wurden von den Ädilen überwacht; und Quellwasserleitungen führten so reichliches Wasser hinzu, daß z. B. zu Trajans Zeit 510 Liter pro Tag auf jeden Einwohner entfielen, eine selbst für unsere heutigen Begriffe ungewöhnlich reichliche und für die Hygiene der Stadt gewiß äußerst förderliche Menge.

Nach dem Untergang des weströmischen Reichs folgen Jahrhunderte, wo die Fortsetzung hygienischer Maßregeln mit wenigen Ausnahmen fehlt; erst sehr allmählich, mit der Kultur der germanischen Völker, gewinnt das Interesse für hygienische Einrichtungen wieder Boden. Selbst die Seuchen des 14. und 15. Jahrhunderts werden anfangs gar nicht, später mit ganz unzulänglichen Maßregeln bekämpft. Erst im 18. Jahrhundert beginnt man, systematisch Quarantänen und Anzeigepflicht für ansteckende Krankheiten einzuführen, verseuchte Wohnungen durch Räucherungen mit Schwefel oder salzsauren Dämpfen zu reinigen. Ferner werden bei der Bau-, Straßen- und Marktpolizei hygienische Gesichtspunkte berücksichtigt, und es zeigen sich die Anfänge einer Gewerbehygiene und einer Schulhygiene. In Peter Franks „System der medizinischen Polizei“, dessen erster Band 1779 erschien, ist uns eine achtbändige Zusammenstellung aller damals für erforderlich gehaltenen hygienischen Maßnahmen überliefert. Auf welch rohe Empirie damals aber die hygienische Kritik angewiesen war, das geht z. B. aus folgenden Worten hervor, mit denen Peter Frank die Kennzeichen eines guten Trinkwassers schildert: „Man hält dasjenige Wasser für gut, welches in einem kupfernen Gefäß längere Zeit aufbewahrt, keine Flecken darin zuläßt, wenn es gekocht keinen Sand oder Leimen abwirft; wenn es helle und rein ist und keine Pflanzengewächse in sich nähret. Da aber alles dies sich dem Ansehen nach so verhalten und doch eine verborgen übele Eigenschaft dahinter stecken kann: so muß man das Trinkwasser selbst aus der gesunden Beschaffenheit der Einwohner eines Orts beurteilen.“

Einen ganz neuen Impuls bekamen die hygienischen Reformbestrebungen in den Jahren 1830—1850 in England. Einmal war

es das ungeahnt rasche Wachsen der großen Städte, das zu außerordentlichen hygienischen Mißständen führte und Abhilfemaßregeln erforderlich machte. Sodann aber wirkte akut auslösend die Cholera, die 1813 den europäischen Kontinent und speziell auch England zum ersten Male heimsuchte.

Englische Ärzte leiteten damals zunächst eine genaue medizinische Statistik ein. An der Hand eines großen Zahlenmaterials wurde z. B. festgestellt, daß die städtische Bevölkerung Englands eine viel höhere Mortalität aufwies als die Landbevölkerung, und daß ein großer Prozentsatz der Erkrankungen und Todesfälle auf sog. „vermeidbare" Krankheiten entfiel. 1842 wurde eine königliche Untersuchungs-Kommission eingesetzt mit dem Auftrag, den gegenwärtigen Zustand der großen Städte zu untersuchen und über die Mittel zur Abhilfe der gefundenen Schäden zu berichten. Dieser Enquete folgte 1848 die Public health Act, ein Gesetz zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit, und dann die Durchführung großartiger praktischer Reformen. Enge dicht bewohnte Straßen und Stadtteile wurden niedergerissen, neue Quartiere mit hygienisch einwandfreien Wohnungen erbaut; durch unterirdische Schwemmkanäle oder durch besondere Abfuhrsysteme wurden die Abfallstoffe entfernt, zentrale Wasserversorgungen eingerichtet, die Nahrungsmittel einer strengen Kontrolle unterworfen, die Kranken- und Armenpflege besser organisiert. In dem energischen Bestreben nach Besserung der hygienischen Schäden beugte sich das englische Volk einer Menge von lästigen polizeilichen Kontrollen und Eingriffen in seine kommunale Selbstverwaltung. Der General Board of health hatte beispielsweise eine Anzahl Inspektoren, welche von den Gemeinden Einsicht in alle Dokumente, Pläne, Steuerrollen usw. verlangen konnten, und auf deren Bericht hin die Gemeinden zur Einrichtung eines Ortsgesundheitsamts gezwungen werden konnten, welches das Recht erhielt zur Erhebung von Steuern behufs Deckung aller im Interesse der öffentlichen Gesundheit aufgewendeten Kosten.

Allerdings wurde nach Ablauf einiger Jahre durch diese Reformen eine meßbare Wirkung auf den Gesundheitszustand erzielt. Die Mortalitätsziffer sank; die einheimischen infektiösen Krankheiten nahmen in vielen Städten ab oder hörten ganz auf; an Cholerainvasionen schloß sich keine Ausbreitung im Lande an. — Mit Stolz blickten Staatsmänner und Ärzte auf diese Erfolge, und die Hygiene war innerhalb kurzer Zeit nicht nur in England, sondern auch in den übrigen zivilisierten Staaten populär geworden.

Trotzdem wir auch heute dem energischen Vorgehen der englischen Hygieniker unsere Anerkennung nicht versagen können, dürfen wir uns

aber doch nicht verhehlen, daß jene Reformen im wesentlichen und in erster Linie eine Besserung der sozialen Lage der ärmeren Bevölkerung, und größtenteils erst auf dem Umwege durch die gebesserten sozialen Verhältnisse eine Beseitigung jener Gesundheitsschädigungen bewirkten, die eigentlich den Ausgangspunkt der Reformen gebildet hatten. Spezifisch hygienische Reformen waren damals auch gar nicht möglich; und zwar weil man über die Ursachen der hygienischen Schäden, speziell der besonders gefürchteten Infektionskrankheiten, so gut wie nichts wußte, und weil doch diese Ursachen jeder rationellen hygienischen Reform zum Angriffspunkt dienen mußten. In bezug auf die Ätiologie der Krankheiten und auch der Infektionskrankheiten stand man damals auf einem rein empirischen Standpunkt, der von dem oben gekennzeichneten PETER FRANKS kaum verschieden war. Daneben ließ man sich von allerlei, der wissenschaftlichen Begründung noch durchaus entbehrenden Hypothesen leiten. Speziell von den Infektionskrankheiten nahm man an, daß sie ihre Entstehung riechenden Gasen und der Anhäufung von Schmutz und Abfallstoffen verdanken, und daß sie verschwinden durch systematische Reinhaltung von Haus, Boden, Körper und Nahrung — Anschauungen, denen wir ebenso schon in der altägyptischen und mosaischen Hygiene begegnen.

Daß Beseitigung sozialer Mißstände und systematische Reinhaltung die Volksgesundheit günstig beeinflußt, das ist nicht zu bezweifeln und durch die englischen Reformen aufs neue bestätigt. Aber es ist auch von vornherein wahrscheinlich, daß diese Art des Vorgehens vom streng hygienischen Standpunkt einen starken Luxusbetrieb darstellt und daß die hauptsächlichsten vermeidbaren Krankheiten durch viel einfachere Mittel beseitigt werden können. Und ebenso ist es wahrscheinlich, daß jene ohne Kenntnis der Krankheitsursachen durchgeführten Reformen die speziellen hygienischen Ziele oft ganz verfehlt haben. In der Tat haben sich z. B. so manche der damals angelegten Wasserversorgungen nicht bewährt und mußten später durch andere ersetzt werden, weil scheinbar reine, in Wirklichkeit aber sehr verdächtige Wässer gewählt waren. Ebenso kam man, geleitet von übertriebenen Ansichten über die Gefahren verunreinigten Bodens, zu Verfahren der Abfallbeseitigung, die in der Neuzeit von Grund aus geändert werden mußten. In manchen der assanierten Städe zeigten sich trotz allem ausgedehnte Typhusepidemien, als Zeichen, daß man die eigentliche Krankheitsursache nicht in richtiger Weise beseitigt hatte; und eine Reihe wichtiger endemischer Krankheiten blieb in zahlreichen Städten von den eingeführten Reformen völlig unbeeinflußt.

Offenbar lag damals eine klaffende Lücke unserer wissenschaft-

lichen Erkenntnis vor, die erst ausgefüllt werden mußte, ehe rationell begründete praktische Reformen auf dem Gebiet der Hygiene möglich waren.

Es fehlte eben damals an einer wissenschaftlichen hygienischen Forschung. — Diese hat erst vor etwa 35 Jahren begonnen. PETTENKOFER war der erste, welcher eine größere Reihe von Experimentaluntersuchungen über Fragen der Heizung und Ventilation, über Kleidung, über das Verhalten von Neubauten, über das Grundwasser und die Bodenluft anstellte, und welcher dadurch der Experimental-Hygiene eine erste feste Basis gab. Im Verein mit VOIT legte PETTENKOFER außerdem den Grund zu unseren heutigen Anschauungen über Nahrungsmittel und Ernährung. In späterer Zeit waren es besonders die Entdeckungen KOCHS, welche neue Arbeitsgebiete erschlossen und für die so überaus wichtigen Fragen der Entstehung und Verbreitung der Infektionskrankheiten die Anwendung exakter Forschungsmethoden ermöglichten.

Seitdem hat die Hygiene in kurzer Zeit vielfache Aufklärung über interessante Beziehungen der Außenwelt zum Menschen gegeben und Erfolge errungen, welche der gesamten medizinischen Wissenschaft im höchsten Grade förderlich gewesen sind, und vor allem sind seitdem meßbare praktische Erfolge viel deutlicher zutage getreten als früher. Stellt man die Zahl der Todesfälle auf je 1000 Lebende in Preußen vom Jahre 1820 bis 1900 von 5 zu 5 Jahren zusammen, so zeigt sich, daß in den letzten Perioden eine so niedrige Sterblichkeit geherrscht hat, wie nie zuvor, und daß die Abnahme in den letzten Abschnitten progressiv vorgeschritten ist.

Eine solche Mortalitätsstatistik ist freilich ein nicht einwandfreier Indikator für den Erfolg hygienischer Reformen. Sterblichkeitsziffern aus verschiedenen Perioden sind überhaupt schwer vergleichbar; und vor allem sind wirtschaftliche und soziale Momente, ferner die Höhe der Geburtsziffer von erheblichem Einfluß auf die Sterblichkeit. — Einen besseren Indikator haben wir an den infektiösen Krankheiten. An Typhus z. B. starben in Preußen: 1875—79 = 6·2 auf 10000 Lebende; 1880—84 = 5; 1885—89 = 2·8; 1890—94 = 1·9 und 1900—1903 nur 1·07, also eine starke stetige Abnahme, die sicher zum großen Teil auf Rechnung unserer rationelleren Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, sowie der besseren Isolierung der Kranken und der Krankenhausbehandlung zu setzen ist. — Noch intensiver ist die Abnahme der Diphtherie: in dem Jahrzehnt 1880—90 sind noch die meisten Jahre mit 18—19 Todesfällen auf 10000 Lebende belastet; bis 1894 tritt Abnahme ein, aber noch gering und unregelmäßig, 12, 13, 18, 15 Todesfälle; im Jahre 1895 9; 1896 7·6; 1897 6·2 und 1903

nur noch 4·19 Todesfälle; und trennt man Stadt und Land, so ist die Abnahme in den Städten eine noch erheblich rapidere. Hier haben wir zum großen Teil die Wirkung des Behringschen Serums vor uns; zum Teil ist sicher auch die frühzeitige Erkennung der Krankheit durch bakteriologische Diagnose beteiligt. — Besonders wichtig ist ferner die Abnahme der Lungenschwindsucht, dieser mörderischen Krankheit, die bei den im Alter von 15—60 Jahren Gestorbenen 30—40 % aller Todesfälle verursacht. In den Jahren 1888—90 sehen wir eine allmähliche, von 1891—1900 eine rascher vorschreitende Abnahme der Phthise. Hier ist die frühzeitige Erkennung der Krankheit durch den Bazillennachweis, sowie die Erkenntnis der Ansteckungswege und der zur Verhütung der Ansteckung geeigneten Maßnahmen als Ursache der Abnahme anzusehen; daneben sind allerdings die Krankenversicherungsgesetze gewiß nicht ohne erheblichen Einfluß gewesen.

Ausschließlicher und unbestrittener ist die Wirkung der neueren hygienischen Lehren und Maßnahmen auf die exotischen Infektionskrankheiten, Cholera und Pest. Das Schreckgespenst der Cholera hielt seinen letzten Einzug in Deutschland 1892. Zufällig betraf damals die erste Einschleppung eine Stadt, die in bezug auf manche hygienische Einrichtungen und namentlich in bezug auf Wasserversorgung um Jahrzehnte hinter anderen Städten zurück war; und so entstand jene explosive Hamburger Cholera-Epidemie, die eine weitreichende Panik hervorrief und an vielen Orten ganz vergessen ließ, daß wir inzwischen den Choleraerreger genau kennen und sicher vernichten gelernt hatten. Aber nicht lange dauerte diese Panik. Bald erfolgte eine Bekämpfung genau entsprechend den nunmehr erkannten Lebenseigenschaften des Erregers; und diese Bekämpfung war ebenso einfach und für den Verkehr und das wirtschaftliche Leben schonend wie sie erfolgreich war. Neunmal hat seither z. B. in Schlesien eine Einschleppung von Cholera stattgefunden; meist in Oberschlesien von der russischen Grenze her, dreimal aber auch in Niederschlesien von der Oder aus. An die meisten dieser Einschleppungen schlossen sich kleine Epidemien an; es gelang aber jedesmal rasch, dieselben zu begrenzen; und das Publikum hat sich an diese Erfolge bald so gewöhnt, daß eigentlich von den späteren Einschleppungen gar keine Notiz mehr genommen ist. Was ist das für ein Kontrast gegen die Aufregung und gegen die Störung von Handel und Verkehr, die sonst durch eine Cholerainvasion hervorgerufen wurde!

Ähnlich steht es jetzt mit der Pest. Diese alte Geißel des Menschengeschlechts war seit mehr als einem Jahrhundert aus Europa verschwunden, als sie plötzlich 1878 in Wetljanka im Gouvernement

Astrachan auftauchte. Diese Nachricht rief damals große Bestürzung in ganz Europa hervor. Und als nun gar ein Hausknecht in St. Petersburg unter pestverdächtigen Symptomen erkrankte, da stand die Pest im Zentrum des öffentlichen Interesses, die abenteuerlichsten Sperr- und Schutzmaßregeln wurden diskutiert, und allgemein sah man bereits die Schrecken des „schwarzen Todes“ sich wieder wie im Mittelalter über Europa ausbreiten. — Wie anders die heutige Auffassung! Die Pest verläßt seit einigen Jahren Europa und die nächst angrenzenden Länder nicht mehr. In Alexandrien, Beirut, Porto, Lissabon, Plymouth, Glasgow, Triest, Wien, Hamburg sind in den letzten Jahren Pesterkrankungen vorgekommen, und wir haben sicher noch manches neue Auftauchen von Erkrankungen zu erwarten. Aber inzwischen haben wir den Erreger, seine Existenzbedingungen, seine Verbreitungsweise genau kennen gelernt; jetzt können wir die Krankheit mit sicher wirkenden, und doch schonenden, allen überflüssigen Aufwand vermeidenden Mitteln bekämpfen. Und die Erfahrung zeigt uns, daß nun diese Krankheit nicht schwer, sondern relativ leicht zu tilgen oder in Schranken zu halten ist.

Wie unrichtig ist die Vorstellung, von der man nicht selten hört und liest, daß die Entdeckung der Bazillen eine übertriebene Bazillenfurcht und Beunruhigung ins Publikum getragen habe! Gerade im Gegenteil ist die verläßliche und zielbewußte Art, in der wir jetzt die Epidemien zu bekämpfen imstande sind, gewiß nur geeignet, Ruhe und Vertrauen unter der Bevölkerung zu verbreiten.

Seit dem Beginne ihrer selbständigen Entwicklung ist die Hygiene auch mannigfaltigen Angriffen und namentlich Einwänden gegen die praktische Leistungsfähigkeit dieser Wissenschaft ausgesetzt gewesen.

Zunächst stellen manche der praktischen Hygiene deshalb eine schlechte Prognose, weil die Reformen sowohl auf dem Gebiete der individuellen wie der öffentlichen Hygiene zu viel Mittel zu ihrer Durchführung beanspruchen, und weil deshalb die ärmeren Volksschichten für absehbare Zeit von den meisten hygienischen Reformen ausgeschlossen seien.

Zu dieser Anschauung kommt man jedoch nur dann, wenn die hygienischen Maßnahmen, so wie es früher allgemein geschah, mit sozialen Reformen verwechselt oder zu sehr verquickt werden. Versteht man unter speziell hygienischen Reformen nur solche, welche manifeste Gesundheitsstörungen unmittelbar zu beseitigen oder

fernzuhalten imstande sind, und welche gerade deshalb Anspruch auf dringliche Durchführung haben, so lassen sich diese oft durch spezifische, die einzelne Schädlichkeit treffende Vorschriften und Maßregeln relativ leicht erreichen. Wollte man damit warten, bis die ganze soziale Lage der Bevölkerung sich geändert hat, damit auf dieser Basis und vielleicht in etwas vollkommener Weise die hygienische Besserung sich etabliert, so würden Jahrzehnte vergehen, ehe gegen die schreiendsten hygienischen Mißstände Abhilfe gewährt wird. Man bessert nicht, sondern schadet nur, wenn man bei der Bekämpfung jeder einzelnen Krankheit immer wieder eine günstigere soziale Lage als unerläßliche Vorbedingung hinstellt.

Gibt man statt dessen spezifische Maßregeln an, durch welche auch ohne Änderung der sozialen Lage und innerhalb ärmlicher enger Verhältnisse ein möglichster Schutz gegen die betreffende Krankheit gewährt werden kann, so ist damit oft sehr viel zu erreichen. Gelingt es doch, die Pocken durch Impfung, die Trichinose und Fleischvergiftungen durch öffentliche Schlachthäuser, die Diphtherie durch Desinfektion und Schutzimpfung, die Cholera und Pest durch Isolierung und Desinfektion wirksam zu bekämpfen, ohne daß die soziale Lage geändert wird. Wohl erschweren schlechte soziale Verhältnisse den Erfolg und machen eine schärfere Anwendung mancher Maßregeln nötig. Aber selbst in dem Eingeborenenviertel in Alexandrien und in den Proletariatsquartieren in Porto sind sie noch immerhin durchführbar gewesen, und man hat dort nicht zu warten brauchen, bis die ganze Bevölkerung auf eine höhere Kulturstufe gebracht ist.

Aber noch zwei weitere Einwände sind gegen die praktische Leistungsfähigkeit der Hygiene erworben. — Der erste derselben ist schon vor etwa 100 Jahren von Malthus ausgesprochen und begründet. — Nach Malthus vermehrt sich jede Bevölkerung, so lange keinerlei Hemmung existiert, in geometrischer Progression, verdoppelt sich also immer in einer bestimmten Reihe von Jahren (z. B. bei 1·3 Prozent jährlichem Zuwachs alle 55 Jahre; bei 1·8 Prozent Zuwachs alle 39 Jahre); die Unterhaltsmittel dagegen können nur in arithmetischer Progression vermehrt werden. Hierdurch ist das Anwachsen einer Bevölkerung stark beschränkt, denn dasselbe kann naturgemäß nicht weiter gehen, wenn das niedrigste Maß von Unterhaltsmitteln erreicht ist, dessen die Bevölkerung zu ihrem Leben bedarf. Jeder intensiveren Vermehrung wirken vielmehr kräftige Hemmnisse entgegen; und diese sind zum Teil vorbeugende (Beschränkung der Nachkommenschaft durch sittliche Enthaltsamkeit, Ehelosigkeit, Vorsicht nach der Heirat), im wesentlichen aber zerstörende, auf gesundheitsschädliche Einflüsse

aller Art basierte (schlechte Ernährung der Kinder, Epidemien, Kriege, Hunger usw.). Wirkt eine erfolgreiche Hygiene dahin, daß die Mortalitätsziffer absinkt, der jährliche Bevölkerungszustand also größer wird, so müssen nur um so eher jene hemmenden Einflüsse zur Geltung kommen. Dauernde stärkere Zunahme der Bevölkerung kann also auch durch die hygienischen Reformen gar nicht erreicht werden.

Gegenwärtig ist in Deutschland der Überschuß der Geburten über die Sterbefälle bereits so erheblich, daß wir am Ende des jetzt begonnenen Jahrhunderts mehr als 200 Millionen Einwohner zählen werden. Eine ähnliche Bevölkerungszunahme weisen auch die anderen Kulturstaaten, England, Holland, Belgien, Schweden usw. (mit Ausnahme von Frankreich) auf. Angesichts dieser enormen Ziffer ist in der Tat ein Zweifel darüber wohl berechtigt, ob sich für solche Menschenmassen Unterhaltsmittel werden beschaffen lassen. Aber es ist das eine Frage, die den Hygieniker eigentlich gar nicht berührt. Wir können nicht eine einzige, die Gesundheit der jetzt lebenden Generation fördernde Maßregel unterlassen, weil eventuell kommenden Generationen der Nutzen wieder verloren geht oder gar Schwierigkeiten daraus erwachsen. Außerdem aber ist es zweifellos, daß gerade in unserer gegenwärtigen Zeit das MALTHUSsche Gesetz in bezug auf die langsame und begrenzte Vermehrung des Unterhalts seine Gültigkeit verloren hat. Auf den verschiedensten Wegen gelingt es jetzt, dank den sich häufenden wissenschaftlichen Entdeckungen und technischen Erfindungen, den Kreis der nutzbaren Lebensmittel zu erweitern. Die Landwirtschaft kann eine gesteigerte Produktion in Aussicht stellen durch neue Hilfsmittel für die Regenerierung des Ackers, durch wirksame Bekämpfung der Viehseuchen, durch Verwertung der neu entdeckten Assimilierung des Stickstoffs der Luft durch gewisse Pflanzen. Schon ist der Chemie die künstliche Herstellung von Kohlehydraten im Laboratorium geglückt, und in nicht zu ferner Zeit werden gewiß die technischen Schwierigkeiten überwunden sein, welche sich einer rentablen künstlichen Herstellung von Nährstoffen noch entgegenstellen. Daneben gelingt es schon jetzt, Abfallprodukte der Industrie in brauchbare Nahrungsmittel umzuwandeln oder hygienisch vollwertige Surrogate für teuere Nährstoffe aus billigem Material herzustellen. Und schließlich sind die modernen Verkehrsmittel imstande, durch reichlichen Import eine ungenügende heimische Produktion in sehr hohem Maße auszugleichen.

Können wir uns so über die MALTHUSschen Einwände leicht hinwegsetzen, so fragt es sich weiter, ob wir ebensoleicht Stellung nehmen können gegenüber den Bedenken, die von SPENCER gegen die

Leistungen der Hygiene erhoben sind. HERBERT SPENCER stellt sich in seinem Werke: The study of sociology (von dem 1875 eine deutsche Ausgabe erschien) im großen ganzen auf den MALTHUSschen Standpunkt, fügt aber noch die Behauptung hinzu, daß durch die Verminderung der Schädlichkeiten eine Anzahl schwächerer Individuen am Leben erhalten werde, welche sich dann vermehren und so die durchschnittliche Tüchtigkeit herabsetzen. Die schwächlicher gewordene Gesellschaft vermöge dann auch den geringer gewordenen Schädlichkeiten nicht zu widerstehen, und so komme die Sterblichkeit bald wieder auf das frühere Maß, und die hygienische Besserung sei vergeblich gewesen.

Diese Deduktion SPENCERS, die seither gern auch von anderen gegen die hygienischen Reformen ins Feld geführt wird, enthält indes einen logischen Fehler. Wenn Individuen vorhanden sind, die gegenüber bestimmten Schädlichkeiten die Schwächeren sind, und wenn dann diese Schädlichkeiten beseitigt und dadurch jene Individuen am Leben erhalten werden, so sind sie nun gar nicht mehr die Schwächeren, sondern sie waren es nur gegenüber jenen bestimmten Krankheitsursachen. Man kann unter den „Schwächeren" nicht etwa die allgemein Schwächeren und weniger Leistungsfähigen verstehen; denn diese werden gar nicht von den hauptsächlich in Betracht kommenden Krankheiten mehr ergriffen als andere Individuen, sondern Cholera, Typhus, Diphterie u. a. suchen ihre Opfer oft gerade unter den kräftigsten Männern und Kindern, die nur infolge einer besonderen Epithelbeschaffenheit, Giftempfänglichkeit u. dgl. diesen Krankheiten erliegen. Die furchtbare Säuglingssterblichkeit betrifft auch nicht vorzugsweise Kinder, die von Anfang an schwächlich waren und zu kräftigen Menschen nicht heranwachsen konnten, sondern ursprünglich vollgesunde Kinder sehen wir durch unverständige Behandlung und Diätfehler disponiert werden für die Seuchen der heißen Sommermonate, die sie nun in großer Zahl blitzartig dahinraffen. Und wenn wir die zur Erkrankung an Tuberkulose Disponierten vor der Ansiedlung des Krankheitserregers von Jugend auf wirksam zu schützen vermögen, so konservieren wir uns damit kein schwächliches minderwertiges Menschenmaterial; sondern die Minderwertigkeit dieser Menschen bestand eben im wesentlichen nur darin, daß sie für den Tuberkelbazillus empfänglich waren, und sie sind so gut lebens- und leistungsfähig, wie andere, wenn diese spezifische Gefahr beseitigt ist.

Der Behauptung SPENCERS läßt sich mit mehr Recht eine andere entgegenstellen: Die hygienischen Reformen bewirken in der Tat eine gewisse Auslese der Bevölkerung, aber in dem Sinne, daß die sittlich und intellektuell höher stehenden Menschen vor den übrigen bevorzugt

werden. — Dies ergibt sich, wenn man zweierlei Arten von hygienischen Reformen unterscheidet: erstens generelle, von denen alle ohne jedes Zutun des einzelnen profitieren. Dahin gehören z. B. allgemeine obligatorische Impfungen, wie die Schutzpockenimpfung; Kanalisation und Wasserversorgung, wenn sie möglichst allen Einwohnern in gleicher Weise zugänglich gemacht sind. Zweitens hat aber ein sehr großer Teil der hygienischen Reformen mehr fakultativen Charakter, und durch diese kann dann eine gewisse elektive Wirkung ausgeübt werden. Z. B. das Diphterieserum wirkt erfahrungsgemäß nur dann sicher, wenn es bald nach dem Ausbruch der Krankheit zur Anwendung kommt; ebenso kann Ansteckung nur durch frühzeitige Isolierung verhütet werden. Nur die Eltern, die ihre Kinder sorgsam beobachten und deren Behandlung energisch betreiben, haben den vollen Vorteil von jenen Maßnahmen; während dieselben in nachlässigen indolenten Familien keinen Erfolg haben. Bei der Behandlung und Verhütung der Phthise kommt es auf frühzeitige Erkennung, auf lange und konsequent fortgesetzte Kuren, auf Sorgsamkeit im Verhüten der Ansteckung an; für leichtsinnige, liederliche, willensschwache Menschen gibt es bei weitem nicht in dem gleichen Maße Schutz und Rettung. — Mögen wir den Müttern in der kritischen Zeit der Hochsommerepidemien einwandfreie Kindernahrung unentgeltlich zur Verfügung stellen, immer wird ein Teil derselben durch sonstige nachlässige Behandlung der Kinder oder durch törichte Behandlung der gelieferten Nahrung trotzdem eine günstige Wirkung nicht aufkommen lassen. Und wenn z. B. in Österreich die Schutzpockenimpfung nicht obligatorisch, sondern nur empfohlen ist, so wird derjenige Teil der Bevölkerung sich die Vorteile dieser fakultativen Maßregel entgehen lassen, der zu indolent ist oder die Tragweite seiner Unterlassung nicht zu beurteilen vermag.

Kurz — wir können uns mit der Mehrzahl der hygienischen Reformen stets nur an einen Teil der Bevölkerung wenden; nicht etwa an den bemittelteren, sondern im Gegenteil sind es die ärmeren Klassen, die selbstverständlich vorwiegend unsere Fürsorge erfordern; wohl aber nur an diejenigen, die guten Willen, Eifer und Einsicht in ausreichendem Maße unseren Reformen entgegenbringen.

Die so durch die hygienischen Bestrebungen zustande kommende intellektuelle und moralische Auslese darf man nicht gering veranschlagen. Die Gesundheit ist der Güter höchstes nicht; und wenn schließlich eine Hebung der Volksgesundheit in noch höherem Grade als jetzt gelänge durch hygienische Reformen von durchweg generellem Charakter, und wenn davon unterschiedslos auch die unlauteren, moralisch und intellektuell minderwertigen Elemente betroffen würden,

so könnte doch die Zeit kommen, wo gerade, begünstigt durch diese Erleichterung der physischen Existenzbedingungen, ein kultureller Niedergang und eine Gefährdung von Kunst, Wissenschaft und Sitte drohte. Dem wirkt jener fakultative Charakter der meisten hygienischen Maßnahmen entgegen. Und so sehen wir, daß die Hygiene in den Kampf für die idealen Güter kräftig einzugreifen hat, und daß sie sich auch hierin den übrigen wissenschaftlichen Fächern anreiht, von denen jedes in seiner Weise in diesem Kampfe mitzuwirken berufen ist.

Eine übersichtliche und ungezwungene Einteilung des Inhalts der Hygiene ist durch die Fülle und Ungleichartigkeit des Materials einigermaßen erschwert. Zweckmäßig werden zwei größere Abteilungen dadurch hergestellt, daß zunächst die allgemeinen, überall in Betracht kommenden Einflüsse der natürlichen Umgebung besprochen werden; diesen gegenüber sind zweitens die speziellen Einflüsse der künstlich durch Eingreifen des Menschen modifizierten Umgebung zu erörtern. Es würde jedoch das Verständnis nur erschweren, wollte man diese Gruppierung in rigoroser Weise durchführen. In einzelnen Kapiteln, wie z. B. beim Wasser, ist die Beschreibung der künstlichen Einrichtungen zur Wasserversorgung nicht wohl von der Schilderung der natürlich gegebenen Bezugsquellen des Wassers zu trennen. Demnach wird die angegebene Einteilung nur im allgemeinen für die Reihenfolge der einzelnen, im Inhaltsverzeichnis näher aufgeführten Kapitel maßgebend sein.

Erstes Kapitel.

Die klimatischen Einflüsse.

In der freien Atmosphäre laufen eine Reihe von Erscheinungen ab, welche in hohem Grade hygienisches Interesse beanspruchen; und zwar kommen sowohl physikalische Vorgänge, wie die Druck-, Bewegungs-, Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse der Atmosphäre in Betracht; als auch das chemische Verhalten der Luft, ihr Gehalt an Sauerstoff, Ozon, Kohlensäure und fremden Gasen; und drittens die Beimengung staubförmiger Bestandteile.

Viele der physikalischen Prozesse faßt man gewöhnlich in den Ausdrücken „Witterung und Klima" zusammen. Unter Witterung versteht man speziell die betreffenden physikalischen Vorgänge in der Atmosphäre während einer bestimmten kürzeren Zeit; unter Klima dagegen das mittlere Verhalten der meteorologischen Faktoren, welches für irgend einen Ort durch längere Beobachtung sich ergeben hat.

Beide, Wetter und Klima, sind von Alters her als hygienisch bedeutungsvoll erkannt; beide werden jetzt noch von Ärzten und Laien gern als Ursache zahlreicher geringer oder schwerer Störungen der Gesundheit angeschuldigt.

Statistische Erhebungen haben in der Tat gezeigt, daß gewisse Krankheiten nur in einem bestimmten Klima vorkommen, daß andere eine wesentlich verschiedene Energie und Ausbreitung zeigen, je nach den klimatischen Verhältnissen des Landes. — Ferner hat sich herausgestellt, daß die Mortalität an verschiedenen Krankheiten variiert je nach dem Wechsel der Jahreszeiten und der gleichzeitig wechselnden Witterung.

Manche von Alters her behauptete Einflüsse von Klima und Witterung haben sich freilich noch nicht statistisch mit voller Bestimmtheit beweisen lassen, sind aber durch vielfache praktische Erfahrung zu begründen. So die Abhängigkeit katarrhalischer und

rheumatischer Leiden, gewisser Ernährungsstörungen und nervöser Affektionen von Witterung und Klima; so die Heilkraft mancher Klimate für diese oder jene Leiden.

Vielfach wird der Einfluß von Klima und Witterung auch überschätzt. Namentlich können die steten Schwankungen der Witterung leicht ausgenutzt werden, um in fehlerhafter Weise Kausalverbindungen mit der ebenfalls vielfach wechselnden Häufigkeit gewisser Krankheiten herzustellen. Ebenso begegnen wir oft dem Bestreben, namentlich an Bade- und Kurorten, minimalste klimatische Differenzen zu wichtigen Heilfaktoren aufzubauschen. Es wird erforderlich sein, sowohl die einzelnen klimatischen Faktoren wie ihre vereinte Wirkung sorgfältig darauf zu prüfen, inwieweit sie für den Ablauf des menschlichen Lebens von Bedeutung sein können.

Dabei wird es unvermeidlich sein, schon in diesem Kapitel an manchen Stellen die künstlich modifizierten klimatischen Einflüsse, denen wir in Kleidung und Wohnung ausgesetzt sind, mit in Betracht zu ziehen und somit auf die genauere Besprechung dieser Verhältnisse in den späteren Kapiteln „Kleidung“ und „Wohnung“ vorzubereiten.

A. Der Luftdruck.

Messung des Luftdrucks. Wir messen den Druck der Luft gewöhnlich durch die Höhe einer Quecksilbersäule, welche der auf uns lastenden Luftsäule das Gleichgewicht hält (Quecksilberbarometer); oder durch sogenannte Holosteric-(Aneroid-)Barometer, bei welchen eine flache Dose aus elastischen Metall-Lamellen einen barometrischen Zylinder bildet, dessen dünne obere Wand je nach der Stärke des Luftdrucks Exkursionen ausführt. Die Barometerablesungen an verschiedenen Orten und zu verschiedener Zeit sind nur bei derselben Temperatur untereinander vergleichbar. Nach jeder Ablesung ist dementsprechend eine Reduktion der Barometerangabe auf 0°, am einfachsten mit Hilfe von Tabellen, vorzunehmen.

Höhe einer Luftsäule, deren Druck 1 mm Hg das Gleichgewicht hält.

Barometerstand	+ 30°	+ 20°	+ 10°	0°	− 10°
780 mm	11·5 Meter	11·1 Meter	10·7 Meter	10·2 Meter	9·8 Meter
760 „	11·8 „	11·4 „	10·9 „	10·5 „	10·1 „
740 „	12·1 „	11·7 „	11·2 „	10·8 „	10·4 „
720 „	12·4 „	12·0 „	11·6 „	11·1 „	10·7 „
700 „	12·8 „	12·3 „	11·9 „	11·4 „	11·0 „
680 „	13·2 „	12·7 „	12·2 „	11·8 „	11·3 „

Will man, wie es bei meteorologischen Beobachtungen gewöhnlich der Fall ist, aus den Barometerbeobachtungen verschiedener Orte auf die augenblicklich vorhandenen Gleichgewichtsstörungen im Luftmeer schließen, so muß vorher noch ein wichtiger lokaler Einfluß eliminiert werden, nämlich die Höhenlage des Ortes. Mit der Erhebung über die Erdoberfläche nimmt der Luftdruck in geometrischer Progression ab; und um daher vergleichbare Zahlen zu erhalten, müssen die sämtlichen Beobachtungszahlen auf das Meeresniveau reduziert werden. Dies geschieht entweder mit Hilfe von komplizierten Formeln oder einfacher durch Tabellen, welche wenigstens eine annähernde Reduktion auszuführen gestatten. Als Beispiel sei auf die obenstehende, stark abgekürzte Tabelle verwiesen, welche angibt, wie hoch eine Luftsäule ist, deren Druck 1 mm Hg beträgt und zwar bei verschiedenem Barometerstand und bei verschiedenen Wärmegraden. Je nach der Temperatur und dem Luftdruck, welche während einer Ablesung geherrscht haben, sucht man in der Tabelle den Wert für die Höhe einer Luftsäule, welche im konkreten Falle eine Druck-Zu- oder Abnahme um 1 mm Hg bewirkt. Dividiert man dann die Höhenlage des Ortes durch die so gefundene Zahl von Metern, so findet man diejenigen Millimeter Quecksilber, welche dem abgelesenen Barometerstand hinzuzuaddieren sind, um den Barometerstand im Meeresniveau zu erhalten.

Örtliche und zeitliche Verteilung des Luftdrucks.

Die Tagesschwankung des Luftdrucks ist in der gemäßigten und kalten Zone geringfügig und unregelmäßig. In den Tropen stellen sich zwei Maxima ein, am Vormittag und Abend, und zwei Minima, um 4 Uhr früh und 4 Uhr nachmittags. Dieser Gang der Tagesschwankung stimmt überein mit der Kurve der absoluten Feuchtigkeit, und ist wesentlich dadurch bedingt, daß mit zunehmender Wärme ein aufsteigender Luftstrom und ein seitliches Abfließen der Luft in die oberen Schichten sich einstellt, daß dagegen am Abend wieder ein Absinken der erkaltenden Luft erfolgt.

Die Monats- und Jahresschwankung zeigt in unserem Klima das Minimum im Sommer, das Maximum im Winter. Die monatliche Amplitude beträgt bei uns etwa 12—20 mm; die Jahresamplitude macht in maxima 30—40 mm aus; zwischen den Extremen mehrerer Jahre können 46—50 mm Differenz liegen, die aber immerhin erst eine Exkursion um 6 Prozent des gesamten Luftdrucks repräsentieren.

Die örtliche Verteilung des Luftdrucks wird registriert durch Isobaren, d. h. Linien, welche die Orte mit gleichem Luftdruck resp. mit gleichem Monatsmittel des Luftdrucks verbinden (die Barometerstände auf Meeresniveau reduziert). Eine Karte der Isobaren zeigt geschlossene Kreise, um welche konzentrisch in größerem oder geringerem Abstand die übrigen Isobaren erfolgen (vgl. Fig. 1, S. 28). Es existieren sonach lokal begrenzte Maxima und Minima, und von diesen

Zentren aussteigt oder fällt der Luftdruck nach allen Richtungen hin. Auch die örtliche Vergleichung läßt indessen nur eine geringe Amplitude der Schwankungen erkennen; dieselben bewegen sich zwischen 740 und 770 mm, betragen also höchstens 2—3 Prozent des gesamten Luftdrucks.

Weitaus stärkere Schwankungen resultieren aus der Höhenlage des einzelnen Ortes. Im Mittel bewirkt jede Erhebung um 11 m eine Druckabnahme um 1 mm, jedes Hinabsteigen unter das Meeresniveau eine entsprechende Steigerung.

Folgende mittlere Barometerstände sind an dauernd bewohnten hochgelegenen Ortschaften beobachtet:

Mexico	2270 Meter	586 mm Hg
Quito	2850 „	549 „ „
Pikes Peak (Colorado, N.-Am.)	4300 „	451 „ „
Dorf S. Vincente (bei Portugalete, Bolivia)	4580 „	436 „ „
Kloster Hanle (Tibet)	4610 „	433 „ „

Bei vorübergehendem Aufenthalt wurden noch niedrigere Ablesungen erhalten: so von Gebr. Schlagintweit im Himalaya bei 6780 m Höhe = 340 mm Hg; von Glaisher im Luftballon bei 8840 m Höhe = 248 mm Hg.

Anderseits sind Menschen in tiefen Bergwerken bei oft langdauerndem Aufenthalt und anstrengender Arbeit einem um 50 mm und mehr über das Normale gesteigerten Luftdruck ausgesetzt. Noch höherer Druck kommt in den sogenannten Caissons zustande, mit deren Hilfe Arbeiten unter Wasser ausgeführt werden. Die Arbeiter sind hier stundenlang einem Druck von 2—3 Atmosphären ausgesetzt; ferner kommt es in den Taucherglocken zu einem Druck von 6 bis 7 Atmosphären (vgl. im 8. Kap.). Die oben aufgeführten örtlich und zeitlich wechselnden Druckschwankungen des Luftmeeres verschwinden fast gegenüber diesen enorm großen Exkursionen.

Hygienische Bedeutung der Luftdruckschwankungen.

1) **Stark gesteigerter** Luftdruck ruft zunächst eine Verlangsamung und Vertiefung der Atmung hervor; gleichzeitig wird das Blut von der Peripherie des Körpers zu den inneren Organen hingedrängt; der Puls wird ein wenig verlangsamt. Bei geschlossener Tube wird das Trommelfell eingewölbt und dadurch das Gehör beeinträchtigt. Sprechen und Pfeifen ist erschwert, auch die sonstige Muskelarbeit etwas behindert. Alle diese Erscheinungen gleichen sich unter

normalem Luftdruck bald wieder aus, nur bei längerem Aufenthalt bleibt abnorme Ausdehnung der Lunge leicht bestehen.

Außer der Druckwirkung kommt noch der Einfluß der vermehrten Sauerstoff-Aufnahme in Frage. Da komprimierte Luft in 1 cbm eine dem stärkeren Druck entsprechend größere Gewichtsmenge Sauerstoff enthalten muß, als weniger dichte Luft; da aber das eingeatmete Luftvolum mindestens das gleiche bleibt, so müßte eine stärkere Sauerstoffaufnahme erfolgen.

In der Tat wird beim Aufenthalt in komprimierter Luft das Venenblut heller; zu einer erheblichen Vermehrung des Blutsauerstoffs kommt es jedoch nicht, da das Hämoglobin schon bei gewöhnlichem Druck mit Sauerstoff gesättigt ist und eine vermehrte Aufnahme von Sauerstoff daher nur mittels einfacher Absorption im Plasma erfolgen kann.

Bedeutendere Schädigungen werden daher selbst durch sehr stark vermehrten Luftdruck nicht ausgelöst. Dagegen muß der Übergang aus der komprimierten Luft in gewöhnliche mit größter Vorsicht erfolgen; bei zu raschem Wechsel können durch plötzlichen Austritt der im Blut absorbierten Gase in Form von Gasblasen gefährliche Gefäßverstopfungen entstehen. Ferner führt der Andrang des schnell in Haut und Schleimhäute zurückströmenden Blutes zu Gefäßzerreißungen und eventuell zu Blutungen der Nase, der Lungen, des Magens usw.

2) **Stark verminderter** Luftdruck wirkt teils durch die Druckabnahme, teils durch Verminderung der Sauerstoffzufuhr. Erstere verursacht Erweiterung der Haut- und Schleimhautgefäße. Dieselben können sogar zerreißen und Blutungen aus Zahnfleisch, Nase, Lungen hervorrufen. Das Trommelfell wölbt sich nach außen, Atmung und Muskelbewegungen sind erleichtert. — Nicht ohne Bedeutung ist unter manchen Verhältnissen die mit der Abnahme des Luftdrucks sich einstellende Erleichterung der Wasserverdampfung von der Haut, wenn dieselbe auch nicht gerade hohe Werte erreicht.

Einflußreicher ist die verminderte Sauerstoffzufuhr (nach der Ansicht einiger Autoren außerdem die Herabsetzung des CO_2-Gehalts im Blute). In 2000—2500 m Höhe ist die im gleichen Luftvolum enthaltene Sauerstoffmenge schon um mehr als ein Viertel verringert; in 5000 m Höhe ist sie fast auf die Hälfte reduziert, so daß das gleiche Quantum Sauerstoff unter gewöhnlichem Luftdruck bei einem Gehalt der Luft von nur 11 Prozent Sauerstoff aufgenommen werden würde; man kann also mit einem kurzen Ausdruck sagen, daß die Luft in 5000 m Höhe nur noch 11 Prozent O enthält.

Diese rasche Sauerstoffverminderung müßte schon in mäßiger Höhe von Einfluß auf den Körper sein, wenn sie nicht durch Beschleunigung der Blutzirkulation und Vermehrung der Atemfrequenz ausgeglichen würde. Der Puls steigt bei 1000 m Erhebung um 4—5, in 4000 m Höhe um 12—20 Schläge pro Minute (einige Beobachter behaupten, daß diese Zunahme sich bei längerem Aufenthalt in gleicher Höhe wieder verliere); die Atemfrequenz ist bei 4000 m nahezu verdoppelt; die Exspirationsfähigkeit ist deutlich vermehrt. Außerdem scheint aus den vielfach sich widersprechenden Versuchsergebnissen doch hervorzugehen, daß eine Zunahme der roten Blutkörperchen und eine Vermehrung des Hämoglobingehalts des Blutes sich einstellt. Infolgedessen treten erfahrungsgemäß keine Symptome verminderter Sauerstoffzufuhr bis zu einer Höhe von zirka 2000—2500 m auf.

Selbst in größerer Höhe scheint aber noch ein dauernder Aufenthalt ohne Benachteiligung des Körpers möglich zu sein infolge einer allmählich sich ausbildenden, noch nicht genauer erkannten Anpassung des Organismus.

Erst in 4—5000 m Höhe ist schwächliche Konstitution und verminderte Leistungsfähigkeit der Bewohner unausbleiblich; die Gesichtsfarbe wird blaßgelb, die Muskeln sind schlaff, die Resistenz vermindert (Anoxyhémie Jourdanets).

Bei vorübergehendem Aufenthalt in größeren Höhen kommt es leichter zu Gesundheitsstörungen, weil den betreffenden Individuen jene Anpassung des Körpers fehlt. Es tritt dann hochgradige Ermüdung, Herzklopfen, Atemnot, Schwindel, schließlich Bewußtlosigkeit ein, oft kommt es zu Hämorrhagien. An diesen Wirkungen ist sowohl die Druck- wie die Sauerstoffabnahme (vielleicht auch die geringere CO_2-Spannung des Blutes) beteiligt; die O-Abnahme wohl am wesentlichsten, da bei Ballonfahrten die Erfahrung gemacht wurde, daß durch zeitweises Einatmen von reinem Sauerstoffgas die meisten störenden Erscheinungen vermieden werden. — Bei der sog. „Bergkrankheit" sind die ähnlichen Symptome, die schon unter 3000 m auftreten können, zum Teil auf die Kälte und den Wind, namentlich aber auf die anstrengende Muskelarbeit zurückzuführen; bei Ruhe pflegen die Erscheinungen zu schwinden.

Die Schwankungen des Luftdrucks, wie sie in den Isobaren zum Ausdruck kommen, oder die zeitlichen Differenzen desselben äußern offenbar keinerlei direkte Wirkungen auf den gesunden Menschen; nur bei abnormen Zuständen (Lungenkrankheiten) können vermutlich Störungen, z. B. Haemoptoë, durch plötzliches Sinken des Luftdrucks

ausgelöst werden. Ein indirekter Einfluß zeigt sich darin, daß die Barometerschwankungen Bewegungen der im Boden enthaltenen Luft veranlassen; beim Sinken des Luftdrucks erhebt die Bodenluft sich über die Oberfläche und dringt eventuell in unsere Wohnungen ein. — Ferner spielen die Luftdruckschwankungen eine Rolle beim Entstehen der sogenannten „bösen Wetter“ in Steinkohlengruben. Das in tieferen Erdspalten sich findende Methan, welches mit Luft gemengt explosiv ist, vermag infolge eines plötzlichen Sinkens des Luftdrucks in größerer Masse in die Gruben einzutreten und dort Explosionsgefahr zu bedingen.

B. Die Luftbewegung.

Die Bewegungsvorgänge in der Atmosphäre zeigen sich aufs innigste abhängig von den Verhältnissen des Luftdrucks.

Messung der Luftbewegung. Die Richtung des Windes wird bestimmt durch frei aufgestellte Windfahnen, die aus zwei im Winkel von 20° gegeneinander geneigten Flügeln bestehen.

Die Stärke der Luftbewegung kann entweder approximativ bestimmt werden; schwächste Strömungen durch die Ablenkung einer Kerzenflamme, durch Tabaksrauch, Flaumfedern oder dergleichen; stärkerer Wind durch Feststellung seiner Wirkung auf Baumblätter, Baumzweige usw.

	Windstärke	Geschwindigkeit des Windes	Winddruck	Wirkungen des Windes
	0—6	Meter in der Sekunde	Kilogr. auf den Quadratmeter	
0	Stille	0—0·5	0—0·15	Der Rauch steigt gerade oder fast gerade empor.
1	Schwach	0·5—0	0·15—1·87	Für das Gefühl merkbar, bewegt einen Wimpel.
2	Mäßig	4—7	1·87—5·96	Streckt einen Wimpel, bewegt die Blätter der Bäume.
3	Frisch	7—11	5·96—15·27	Bewegt die Zweige der Bäume.
4	Stark	11—17	15·27—34·35	Bewegt große Zweige und schwächere Stämme.
5	Sturm	17—28	34·35—95·4	Die ganzen Bäume werden bewegt.
6	Orkan	über 28	über 95·4	Zerstörende Wirkungen.

Zu genaueren Messungen benutzt man Anemometer; entweder statische, bei denen der Druck des Windes gemessen wird, oder dynamische, bei welchen man die Geschwindigkeit aus der Zahl der Umdrehungen eines Rotationsapparates entnimmt (Flügel-Anemometer; Robinsonsches Schalenkreuz-Anemometer). Die vorstehende, der 6stufigen, sog. Landskala entsprechende Tabelle gibt einen Vergleich der empirisch beobachteten Windgeschwindigkeit und der durch statische und dynamische Instrumente gemessenen. Vielfach wird eine 12stufige „Seeskala“ benutzt. — Mit großen Schwierigkeiten ist die Wahl eines

für die Aufstellung der Anemometer geeigneten Ortes verbunden. Wenige Meter über der Erdoberfläche sind Hemmnisse nicht zu vermeiden; und in größerer Höhe sind die gefundenen Werte mit denen in unserer Umgebung nicht vergleichbar. Außerdem wechselt die Windgeschwindigkeit fortwährend in sehr hohem Grade, so daß kurz dauernde Beobachtungen keine Charakteristik für längere Perioden geben. In Mittelwerten für längere Zeit werden aber wiederum enorme Differenzen verwischt.

Verteilung der Luftbewegung auf der Erdoberfläche.

Die Winde, welche durch die Gleichgewichtsstörungen im Luftmeer bedingt sind, werden im allgemeinen in senkrechter Richtung zu den Isobaren nach dem Luftdrucksminimum hin oder vom Maximum weg sich bewegen; und sie werden um so raschere Strömung zeigen müssen, je kürzer die Wegstrecke zwischen zwei Isobaren wird, je dichter letztere aufeinander rücken und je steiler also der Abfall des Luftdruckes ist. Die Beziehung zwischen der Druckdifferenz einerseits und der Wegstrecke, auf welcher sich dieselbe vollzieht, andererseits, bezeichnet man gewöhnlich als den barometrischen Gradienten. Derselbe gibt an, wie groß die Druckdifferenz ist auf eine bestimmte, einheitliche, senkrecht zu den Isobaren gemessene Weglänge. Als Einheit der Weglänge dient ein Äquatorgrad = 111 Kilometer. Je höher der Gradient, d. h. je mehr Millimeter Druckdifferenz auf 111 Kilometer Weglänge entfallen, um so rascher muß die Windbewegung sein.

Während die Luftteilchen in solcher Weise von allen Seiten nach einem Minimum hin oder von einem Maximum weg strömen, erleiden sie noch eine gewisse Ablenkung, teils durch die Erdumdrehung, teils durch die Zentrifugalkraft. In Wirklichkeit entstehen daher nicht Bewegungen in der Richtung des Gradienten, sondern es entstehen Spiralen, welche auf der nördlichen Halbkugel von links nach rechts nach dem Minimum hin, resp. vom Maximum fort sich bewegen. Die von einem Minimum beherrschten Strömungen nennt man Zyklonen, die von einem Maximum ausgehenden Winde Antizyklonen. Die letzteren zeigen eine relative Ruhe und Unveränderlichkeit, während die Zyklonen im allgemeinen veränderliches Wetter bewirken. Minima und Maxima findet man oft in lebhaft fortschreitender Bewegung; auf der nördlichen Halbkugel wandern die Minima vorzugsweise von West nach Ost und der Wind hat hier den niederen Druck links und etwas vor sich, den höheren rechts und etwas hinter sich. Minima können sich unter Umständen mit einer Geschwindigkeit von 800—1000 Kilometer pro 24 Stunden bewegen.

Eine gute Übersicht über die momentan herrschenden Windverhältnisse geben die synoptischen Witterungskarten (Fig. 1), die von vielen Tagesblättern publiziert werden. Auf denselben sind die Isobaren eingezeichnet; ferner Pfeile, welche die Windrichtung anzeigen (der runde Kopf des Pfeiles geht voran), und durch die Fiederung des Pfeiles die Windstärke (sechs ganze Striche bedeuten stärksten Orkan). Der Kopf der Pfeile gibt außerdem durch die verschiedene Schattierung Aufschluß über den Grad der Bewölkung; ein Punkt neben dem Kopf bedeutet Regen usw.

In der **gemäßigten** Zone stehen die Luftströmungen unter dem Einflusse der Zyklonen und Antizyklonen; häufig findet ein regelloser Wechsel der Windrichtung und Windstärke statt. In Westeuropa herrschen im allgemeinen West- und Südwestwinde vor, und zwar

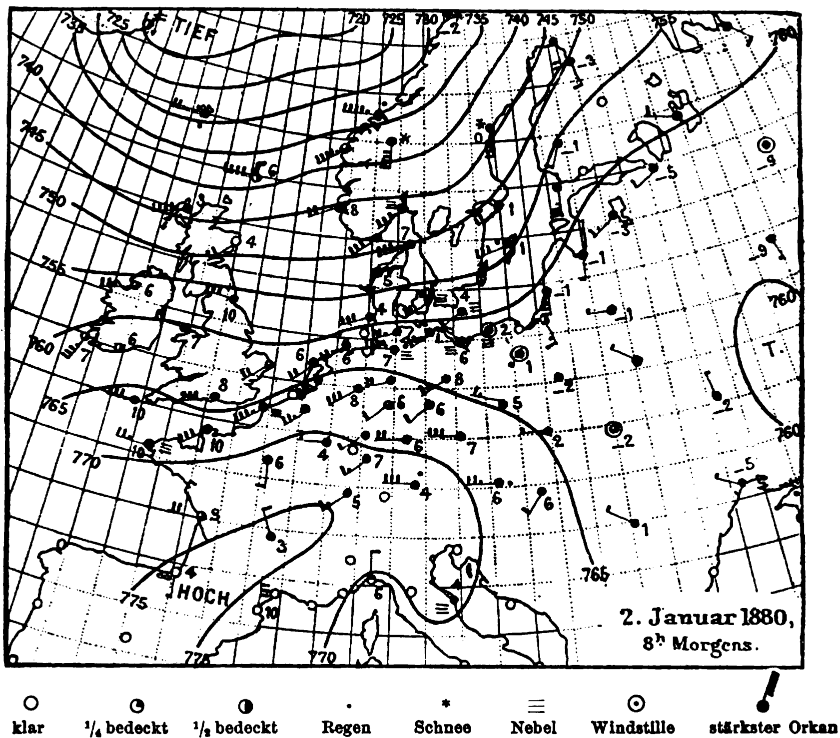


Fig. 1. Synoptische Witterungskarte.

unter dem Einfluß von Depressionen, welche über dem Atlantischen Ozean entstehen und von da nach Nordosten fortschreiten.

Außerdem treten an vielen Orten **lokale Ursachen** für die Windbewegung hinzu. So haben wir am Meeresufer häufig lokale Land- und Seewinde; vormittags findet in den oberen Schichten eine Strömung von dem stark erwärmten Land zur See statt, in den unteren Schichten umgekehrt, in den Abendstunden erfolgt allmählicher Ausgleich und in der Nacht stellt sich eine entgegengesetzte Strömung her wie am Tage, weil jetzt das Land stärkere Abkühlung erleidet. Ferner beobachtet man in Gebirgstälern eine Periodizität der Luftströmungen, indem am Tage ein energisches Aufsteigen der erwärmten Talluft, nachts dagegen ein Niederströmen der kalten Luft eintritt. Größere nahe der Meeresküste gelegene Gebirgsmassen pflegen oft sehr starke Temperaturdifferenzen und dadurch heftige lokale Winde zu veranlassen, so den Mistral in der Provenze, die Bora in Dalmatien usw.

Außer der Richtung und Stärke des Windes ist auch seine sonstige Beschaffenheit, namentlich die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft, von Bedeutung. Für meteorologische Zwecke sucht man die mittlere Temperatur, Feuchtigkeit usw. für jede einzelne Windrichtung aus langjährigen Beobachtungen zu ermitteln. Man erhält in dieser Weise Charakteristika der Windrichtungen und zugleich lokale Wahrscheinlichkeitszahlen für das Wetter, welches jede Windrichtung bringt.

Regelmäßige zeitliche Schwankungen der Windrichtung und Windstärke kommen in unserem Klima nicht vor; wir können höchstens eine sturmreichere Jahreshälfte von Ende September bis Ende März unterscheiden gegenüber einer ruhigeren, welche sich über Sommer und Herbst erstreckt.

Ferner beobachten wir auf dem Kontinent bei relativ ruhigem heiteren Wetter eine Tagesschwankung in der Windstärke derart, daß dieselbe um 10 Uhr ansteigt, kurz nach Mittag das Maximum erreicht und gegen Sonnenuntergang absinkt. Es erklärt sich dieser Gang dadurch, daß in der Nacht die untere Luftschicht als die kältere dem Vermischen mit der oberen nicht ausgesetzt ist: die obere ist aber stets in viel rascherem Strömen begriffen, weil sie nicht wie die untere durch Häuser, Bodenerhebungen usw. in der horizontalen Fortbewegung behindert ist. Gegen 10 Uhr Morgens aber ist die untere Luftschicht durchwärmt, wird nun nach oben gedrängt und mischt sich mit den lebhafter bewegten Schichten. Gegen Abend tritt infolge der Bodenausstrahlung allmählich wieder die frühere Schichtung und Stagnation ein. Daher kommt es, daß sich über Nacht die stärkste Ansammlung von Gerüchen geltend macht, namentlich im Hochsommer, wo die engen Straßen und Höfe und die Souterrains der Häuser die relativ niedrigsten Temperaturen zeigen.

Hygienische Bedeutung der Luftbewegung.

Die Windrichtung ist nur bedeutungsvoll durch den begleitenden Charakter des Windes, durch die Temperatur, Feuchtigkeit, Wolken, Niederschläge, welche eine bestimmte Windrichtung mit sich zu bringen pflegt.

Die Windstärke ist direkt von bedeutendem Einfluß auf die Wärmeabgabe des Körpers. Im Freien ist infolge der steten, selbst bei Windstille und schwachem Wind noch mit $^1/_2$ bis 2 Meter pro Sekunde Geschwindigkeit sich vollziehenden Luftbewegung die Entwärmung durch Wasserverdunstung von der Haut und durch Leitung außerordentlich erleichtert gegenüber den Wohnräumen. Sowohl die austrocknende Wirkung des Windes wie die Abkühlung durch Leitung verhalten sich proportional der Quadratwurzel aus der Windgeschwindigkeit; die Abkühlung z. B. einer 30° warmen Glaskugel erfolgt nach der Gleichung: $D = 0{\cdot}094\,(30 - t)\sqrt{v}$, wo D die Abkühlung in Graden, t die Lufttemperatur, v die Windgeschwindigkeit bedeutet. — In tropischen Klimaten oder an heißen Sommertagen werden daher unter der Beihilfe stark bewegter Luft sehr hohe Temperaturen gut ertragen. Das „erfrischende“ Gefühl beim Hinaustreten aus den Wohnungen ins Freie ist wesentlich auf die bessere Entwärmung durch Leitung und

Wasserverdunstung in der **bewegten** Luft zurückzuführen, welche die im geschlossenen Raum so leicht in gewissem Grade zustande kommende Wärmestauung beseitigt und Verhältnisse schafft, die denen bei einer erheblich niedrigeren Temperatur und ruhiger Luft entsprechen (s. S. 48 u. 87). Demgemäß wird durch Wind die CO_2-Abgabe, der Stoffwechsel und die Nahrungsaufnahme angeregt. Dazu kommt, daß stärker bewegte Luft im Freien durch die steten bedeutenden Schwankungen der Windgeschwindigkeit einen kräftigen, als wohltätige Anregung empfundenen und gegen Erkältungskrankheiten abhärtenden Hautreiz ausübt. Der günstige Einfluß der Liegekuren im Freien und der Luftbäder ist wohl hauptsächlich auf diese Wirkungen der bewegten Luft zurückzuführen. — Andererseits können stärkere Winde bei kaltem Wetter in außerordentlich hohem Grade schädliche Wirkungen durch zu intensiven Wärmeverlust (Erkältungen, Erfrierungen) befördern. Der Körper vermag indes einer zu stark abkühlenden Wirkung des Windes bei niederer Temperatur durch gesteigerte Wärmeproduktion, bei höheren Temperaturen durch Einschränkung der Wasserverdunstung, die bei 20—35° im Winde erheblich geringer ist als bei Windstille, einigermaßen zu begegnen.

Ferner ist die zerstörende Gewalt der heftigsten **Stürme** und **Organe** zu erwähnen, denen alljährlich eine große Anzahl von Menschen zum Opfer fällt. Um die Seefahrer zu schützen, sind die **Sturmwarnungen** von großer Bedeutung. Sobald auf Grund telegraphischer Witterungsberichte in der deutschen Seewarte in Hamburg eine synoptische Witterungskarte zusammengestellt ist und sich aus dieser ergibt, daß ein von dichtgedrängten Isobaren umgebenes Minimum sich gegen die Küste hin fortbewegt, werden die Häfen mit telegraphischen Warnungen versehen.

Indirekt haben die Winde insofern hygienische Bedeutung, als sie ein lebhaftes Durchmischen der Atmosphäre verursachen, üble Gerüche, schädliche Gase und suspendierte Bestandteile schnell ins Unendliche verdünnen, und eine einigermaßen gleiche Beschaffenheit der Luft garantieren. Auch eine Lüftung der Wohnungen wird nicht zum wenigsten durch die Winde ermöglicht. — Eine fernere Wirkung der Winde besteht in ihrem mächtigen Einfluß auf die Wasserverdampfung von allen freien Flächen, speziell von der Bodenoberfläche; heftigere Winde vermögen große Massen von Staub aufzuwirbeln und der Luft beizumengen.

C. Die Luftfeuchtigkeit.

Verhalten des Wasserdampfes in der Luft. Der beim Verdunsten des Wassers gebildete Wasserdampf verteilt sich gleichmäßig in der Luft und übt dort einen gewissen Druck aus, so daß das Barometer um einige Millimeter fallen müßte, wenn die Luft plötzlich getrocknet würde. Die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes kann durch den von demselben ausgeübten

Druck (Spannung, Tension) gemessen werden; man gibt daher die Wasserdampfmenge gewöhnlich in Millimetern Quecksilbersäule an. — Mit steigender Temperatur vergrößert sich das Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf; je heißer daher die Luft, um so höher kann der Druck des Wasserdampfes steigen. Für jeden Temperaturgrad ist aber die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf scharf begrenzt, es existiert für jeden Grad ein Zusntad der Sättigung mit Wasserdampf oder der maxmalen Tenision des Wasserdampfes; sobald Temperaturerniedrigung eintritt, muß Kondensation von Wasserdampf oder Taubildung eintreten, da nunmehr die der höheren Temperatur entsprechende Wasserdampfmenge nicht mehr von der kälteren Luft in Dampfform behalten werden kann (vgl. die Tabelle „Spannungstafel“ im Anhang).

Für gewöhnlich aber ist die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt, sondern enthält eine geringere Menge, so daß bei der betreffenden Temperatur noch mehr Wasser in Dampfform aufgenommen werden könnte. Um den daraus resultierenden Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu beurteilen, bestimmt oder berechnet man folgende Größen:

1) Die absolute Feuchtigkeit, d. h. diejenige Menge Wasserdampf in Millimetern Hg oder in Gramm oder Liter pro 1 cbm Luft ausgedrückt, welche zurzeit wirklich in der Luft enthalten ist. Dieser Ausdruck bildet gewöhnlich die Grundlage für die Berechnung der übrigen Faktoren.

2) Die relative Feuchtigkeit oder die Feuchtigkeitsprozente geben die vorhandene Feuchtigkeit an in Prozenten der für die betreffende Temperatur möglichen maximalen Feuchtigkeit. Bezeichnet man die maximale Feuchtigkeit mit F, die absolute mit F_0, so sucht die relative Feuchtigkeit das Verhältnis $\frac{F_0}{F}$ anzugeben oder in Prozenten berechnet $\frac{100\,F_0}{F}$.

3) Das Sättigungs(Spannungs-)defizit; mißt die Differenz zwischen maximaler und wirklich vorhandener absoluter Feuchtigkeit, also $F—F_0$; dasselbe wird ausgedrückt entweder in Millimeter Quecksilber (Spannungsdefizit) oder in Gramm Wasserdampf auf 1 cbm Luft (Sättigungsdefizit). Beide Ausdrücke zeigen sehr geringe Differenzen; im folgenden wird der Ausdruck Sättigungsdefizit auch für die Spannungsdifferenz gebraucht.

4) Der Taupunkt, d. h. diejenige Temperatur, für welche augenblicklich die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, oder: für welche F_0 die Bedeutung von F hat. Sobald diese Temperatur um ein Minimum erniedrigt wird, muß Kondensation, Taubildung eintreten. Die Taupunktbestimmung dient wesentlich zur Wetterprognose.

Methoden zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

1) Bestimmung durch Wägung des Wasserdampfs, welcher aus einem gemessenen Luftvolum durch Schwefelsäure oder Calciumchlorid absorbiert ist.

2) Kondensationshygrometer; bestimmen den Taupunkt und aus diesem mit Hilfe der oben gegebenen Tabelle die absolute Feuchtigkeit. Ein kleines zylindrisches Gefäß, welches außen mit einer glänzend polierten Silberbekleidung versehen ist, wird künstlich abgekühlt; mit Hilfe von empfindlichen Thermometern wird genau beobachtet, bei welcher Temperatur Taubildung auf der Silberfläche eintritt. (Daniel, Regnault.)

3) Haarhygrometer; entfettete Haare oder Strohfasern oder Streifen tierischer Membranen verkürzen sich bei relativ trockener Luft und verlängern sich mit steigender relativer Feuchtigkeit. Sie können leicht in passender Weise

aufgehängt und mit einem Zeiger verbunden werden, der sich auf einer Skala bewegt; die Zahlen der empirisch geeichten Skala geben dann direkt die Feuchtigkeitsprozente an. Die Instrumente sind sehr veränderlich und müssen häufig kontrolliert werden.

4) Atmometer; messen das in der Zeiteinheit von einer bekannten Fläche verdunstete Wasser und, da dieses in ruhiger Luft und bei gleichem Luftdruck von dem Sättigungsdefizit abhängt, liefern sie direkte Bestimmungen dieses Ausdrucks. Mit den bisher konstruierten Atmometern sind jedoch zuverlässige Angaben nicht zu erhalten.

5) Psychrometer. Man beobachtet zwei Thermometer, von welchen die Kugel des einen mit Musselin umhüllt und mit Wasser befeuchtet ist; an dem feuchten Thermometer wird Wasser verdunsten und zwar um so energischer, je trockener die Luft und je niedriger der Barometerstand ist; entsprechend dem Grade der Wasserverdunstung wird mehr oder weniger Wärme latent und das feuchte Thermometer muß eine um so niedrigere Themperatur gegenüber dem trockenen Thermometer zeigen, je austrocknender die Luft wirkt. Man wartet, bis das feuchte Thermometer seinen tiefsten Stand erreicht hat, liest dann ab und berechnet aus der Temperatur des trockenen und des feuchten Thermometers nach einer einfachen Gleichung oder mit Hilfe von Tabellen die absolute Feuchtigkeit.

Das Psychrometer liefert ungenaue Angaben, sobald die Windgeschwindigkeit, welche die Verdunstung gleichfalls energisch beeinflußt, wechselt. Vergleichbare Werte erhält man daher sowohl im Freien, wie besonders in der Zimmerluft nur dann, wenn man stets einen Luftstrom von gleicher Geschwindigkeit über die feuchte Kugel streichen läßt. Dies läßt sich erreichen durch ASSMANN's Aspirationspsychrometer, bei welchem neben dem S. 40 beschriebenen trockenen Thermometer sich noch ein solches mit befeuchteter Kugel befindet. — Oder man befestigt das feuchte Thermometer an einer 1 m langen Schnur und schwingt es einmal pro Sekunde im Kreise. Mit einem solchen Schleuder-Psychrometer, das für hygienische Untersuchungen das brauchbarste Instrument ist, erhält man ausreichend genaue Werte (s. Anhang).

Verteilung der Luftfeuchtigkeit auf der Erdoberfläche.

1) Die Menge der **absoluten** Feuchtigkeit hängt vor allem ab von der Temperatur, sodann von der Möglichkeit reichlicher Wasserverdunstung. Maximal ist sie z. B. im mexikanischen Meerbusen bei windstillem Wetter; das Minimum finden wir in den Polargegenden.

Die Tagesschwankung der absoluten Feuchtigkeit verläuft in unseren Breiten an klaren Sommertagen so, daß kurz vor Sonnenaufgang das Minimum liegt, und zwar weil während der Nacht gewöhnlich Taubildung eingetreten ist; dann steigt die absolute Feuchtigkeit infolge der zunehmenden Wasserverdunstung bis etwa 9 Uhr morgens, darauf erfolgt Abnahme bis 4 Uhr nachmittags, weil sich unter dem Einfluß der stärkeren Erwärmung ein aufsteigender Luftstrom ausbildet, welcher einen Teil des Wasserdampfs mit sich fortführt. Von 4 Uhr ab sinkt die erkaltende Luft allmählich wieder abwärts und

Örtliche Verteilung der Luftfeuchtigkeit.

	Mittlere absolute Feuchtigkeit (in mm)	Mittlere relative Feuchtigkeit (Prozente)	Mittleres Sättigungsdefizit (in mm)
Archangel	3·8	80	0·9
St. Petersburg . .	4·8	82	1·1
Königsberg . . .	6·4	80	1·8
Kiel	6·7	82	1·5
Borkum	7·8	86	1·4
Berlin	6·8	74	2·6
Darmstadt	7·0	75	2·7
Breslau	6·6	75	2·5
Basel	6·7	75	2·2
Wien	6·9	72	2·1
Athen	9·1	62	5·6
Odessa	6·8	76	2·1
Tiflis	8·0	67	3·9
Bombay	19·3	77	5·8
Lahore	11·5	52	10·6
New York	6·6	67	3·2
Philadelphia . . .	7·0	68	3·3

damit tritt Steigerung der Luftfeuchtigkeit ein bis etwa 9 Uhr abends. Von diesem zweiten Maximum ab ist dann wieder ein Sinken der Feuchtigkeit infolge von Kondensation zu bemerken, so daß vor Sonnenaufgang das Minimum eintritt. Bei trübem Wetter wird der Gang dieser Kurve mehr oder weniger verwischt; im Winter ist nur eine maximale Erhebung etwa um 2 Uhr nachmittags und ein tiefster Stand zur Zeit des Sonnenaufgangs ausgeprägt.

Die Jahresschwankung verläuft so, daß wir im Januar die geringste, im Juli die höchste absolute Feuchtigkeit haben (s. Tab.).

2) Die **relative** Feuchtigkeit zeigt eine Tagesschwankung der Art, daß das Maximum (im Mittel 95 Prozent Feuchtigkeit) zur Zeit des Sonnenaufgangs liegt. Von da nimmt sie allmählich ab, erreicht zwischen 2 und 4 Uhr das Minimum (50—90 Prozent), um gegen Abend wieder zu steigen. Die Jahresschwankung zeigt im ganzen nur geringe Differenzen; in unserem Klima haben wir im Winter die höchste relative Feuchtigkeit von 75—85 Prozent; in den Sommermonaten das Minimum mit 65—75 Prozent Feuchtigkeit. — Den geringsten Sättigungsprozenten, zwischen 20 und 40 Prozent, begegnen wir im Frühjahr und Sommer zur Mittagszeit und bei östlichen Winden.

Jahreszeitliche Verteilung der Luftfeuchtigkeit.

	Borkum			Königsberg			Darmstadt		
	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Defizit	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Defizit	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Defizit
Januar . . .	4·5	90	0·5	3·5	88	0·4	4·2	83	0·9
Februar . .	5·1	91	0·5	3·4	86	0·6	4·6	81	1·1
März . . .	5·2	86	0·8	3·8	82	0·8	4·7	73	1·7
April . . .	6·4	84	1·3	5·1	75	1·7	5·7	66	2·9
Mai	7·8	81	1·8	7·0	71	2·9	7·4	64	4·2
Juni . . .	10·6	82	2·4	9·6	72	3·7	9·6	66	4·9
Juli	12·0	82	2·6	10·9	74	3·8	11·1	68	5·3
August. . .	12·0	83	2·5	10·7	75	3·6	10·7	70	4·6
September .	10·4	86	1·8	7·3	80	1·8	9·8	74	3·3
Oktober . .	8·0	87	1·2	6·7	83	1·4	7·0	80	1·7
November .	6·1	89	0·7	4·6	87	0·7	5·6	84	1·1
Dezember. .	5·1	92	0·5	3·8	88	0·5	4·3	87	0·7

Die örtliche Verteilung weist ebenfalls nur geringe Differenzen auf. Über den Kontinenten finden wir im allgemeinen ein Jahresmittel von 70—80 Prozent relativer Feuchtigkeit, an den Meeresküsten 80—90 Prozent. — An der bekanntlich sehr trockenen Ostküste von Nordamerika beträgt die mittler erelative Feuchtigkeit noch nahezu 70 Prozent. Die niedrigsten Zahlen, 25—30 Prozent, werden beobachtet in Ägypten während der Chamsin weht; ferner an der Riviera in den Wintermonaten; wo sogar nur 15—20 Prozent beobachtet werden, wenn der föhnartige, vom kälteren Hinterland aus die ligurischen Alpen übersteigende und beim Absinken sich stark erwärmende Nordwind herrscht.

3) Das **Sättigungsdefizit** zeigt eine tägliche Periode, welche derjenigen der relativen Feuchtigkeit ähnlich ist, aber etwas größere Exkursionen macht. Die Jahresschwankung läßt ungeheuere Differenzen hervortreten (s. oben, Tabelle); im Juni und Juli ist das Sättigungsdefizit um 500—700 Prozent größer, als im Dezember und Januar. An warmen Sommertagen mit östlichen Winden erhebt es sich nicht selten bis zu einer Höhe von 20 mm. — Auch örtlich treten sehr starke Differenzen hervor; schon auf unserem Kontinent ist die Lage an der Küste gegenüber dem Inneren durch ein erheblich geringeres Sättigungsdefizit ausgezeichnet; Darmstadt z. B. zeigt ein fast doppelt so großes mittleres Sättigungsdefizit als Borkum.

Hygienische Bedeutung der Luftfeuchtigkeit.

Es liegt der Gedanke nahe, daß eine direkte Wirkung der Luftfeuchtigkeit auf den menschlichen Organismus dadurch zustande kommt, daß die Wasserdampfabgabe und durch Vermittelung dieser auch die Wärmeabgabe vom Körper quantitativ abhängig ist vom Verhalten der Luftfeuchtigkeit.

Das vom Organismus abgegebene Wasser verläßt den Körper ungefähr zu gleichen Teilen in Form von Dampf, und in flüssiger Form im Schweiß, Harn und Kot. Ist die Verdampfung behindert, so steigert sich die Menge des im Schweiß und Harn ausgeschiedenen Wassers; ist die Verdampfung reichlich, so werden jene Sekrete spärlicher.

Ist der Ersatz des durch die Haut, den Harn oder den Darm ausgeschiedenen Wassers unzureichend, so tritt zunächst ein Gefühl der Trockenheit an der Zungenwurzel und am Gaumen auf; durch diese „Durstempfindung" erfolgt vorzugsweise die Regulierung der Wasserzufuhr. Dieselbe Trockenheitsempfindung kann aber auch durch örtliche Eintrocknung hervorgerufen werden.

Die Wasserdampfabgabe vollzieht sich teils von den Atmungsorganen, teils von der Haut aus. Von den 1300 g (im Mittel) in Dampfform ausgeschiedenen Wassers entfallen etwa 400 g (in warmen Klimaten weniger) auf die Lunge, der Rest auf die Haut.

Bisher nahm man an, daß die Wasserdampfabgabe von der Haut sich nicht anders verhalte wie die von der toten feuchten Fläche des Atmometers, deren Wasserabgabe vom Sättigungsdefizit, vom Barometerstand und von der Luftbewegung abhängt.

Ein abweichendes Verhalten wurde nur für die Atmungsluft berechnet. Nimmt man an, daß diese im Mittel mit einer Temperatur von 36—37° und gesättigt mit Wasserdampf ausgeatmet wird, einerlei, welche Temperatur und Feuchtigkeit die Außenluft hat, so enthält die Ausatmungsluft stets zirka 41 g Wasserdampf pro 1 Kubikmeter, und die Menge des in den Lungen verdampften und der Einatmungsluft zugefügten Wassers ergibt sich, wenn die absolute Feuchtigkeit der Einatmungsluft von jenen 41 g subtrahiert wird. Die Wasserdampfabgabe durch die Atmung würde daher nach der absoluten Feuchtigkeit der Luft zu bemessen sein.

Neuere Experimente von Rubner zeigen aber, daß wir uns die Wasserdampfabgabe von den Flächen des lebenden Körpers nicht als einen passiven Vorgang vorstellen dürfen ähnlich der Verdunstung von totem Substrat, sondern der Körper ist dabei ganz wesentlich aktiv beteiligt. Auch die Abhängigkeit der Wasserabgabe seitens der Lungen von der absoluten Feuchtigkeit ist nicht als genau zutreffend anzusehen; die ganze mit der verdunstenden Oberfläche in Berührung kommende Atmungsluft wird nicht immer gleichmäßig erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, und außerdem muß die bei verschiedenen Körperzuständen sehr erheblich schwankende Menge der Atmungsluft die Größe der Wasserabgabe alterieren.

Aus den physiologischen Versuchen ergibt sich bezüglich des Einflusses der äußeren Verhältnisse, daß die Gesamtwasserdampfabgabe cet. par. und namentlich bei gleichbleibender Temperatur von der relativen Feuchtigkeit abhängig ist. Bei gleicher relativer Feuchtig-

keit ist dagegen die Wasserdampfabgabe vor allem von der Temperatur abhängig. Von 15° abwärts steigt sie, aber nur infolge der Zunahme der Lungenabscheidung. Mit höherer Temperatur steigt die Wasserabscheidung durch die Haut, und zwar von etwa 25° in steilerer Kurve. — Wind setzt die Wasserdampfabgabe von der Haut bei 20 bis 35° erheblich herab; erst bei sehr hoher Temperatur wird sie gesteigert (Wolpert). Der Luftdruck hat wenig Einfluß.

Neben den äußeren Verhältnissen ist von großer Bedeutung der jeweilige Zustand des Organismus; und zwar haben den stärksten Einfluß Muskelarbeit und Ernährung. Durch Muskelarbeit kann die Wasserdampfabgabe auf das Mehrfache gesteigert werden. Die Ernährung zeigt ihren Einfluß namentlich bei höherer Temperatur. Bis + 15° hat die relative Feuchtigkeit den wesentlichsten Einfluß, gleichgültig welcher Art die Ernährung ist. Von 25° aufwärts zeigt sich eine unbedingte Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur, selbst beim hungernden und wenig genährten Organismus. Für die zwischenliegenden Wärmegrade, die uns gewöhnlich umgeben, gilt aber das Gesetz, daß bei stärkerer Ernährung resp. überschüssiger Nahrung eine Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur schon von 15° ab beginnt und so bedeutend wird, daß die Temperatur das bestimmende Moment für die Wasserdampfabgabe ausmacht. Die Haut kommt dann früher in den sog. „aktiven" Zustand (s. unter „Wärmeregulierung", S. 47).

Eine unter allen Umständen normale relative Feuchtigkeit kann infolge dieser verschiedenartigen mitwirkenden Faktoren nicht angegeben werden. Indessen ist ein Überschuß der Wasserdampfabgabe vom Körper zweifellos von viel geringerer hygienischer Bedeutung als eine Hemmung. Erstere führt höchstens zu vermehrtem Durstgefühl; bei extremen Graden zum Trocken- und Rissigwerden der Haut und der exponierten Schleimhäute. Eine Hemmung der Wasserdampfabgabe ist dagegen mit einer Wärmestauung verbunden, die bei höheren Temperaturgraden geradezu gefährlich werden kann. Außerdem erzeugen hohe Sättigungsprozente ein spezifisches Gefühl der Beklemmung und Beängstigung; 70—80 Prozent Feuchtigkeit werden schon bei 24° sehr schlecht ertragen, vollends bei Muskelarbeit und reichlicher Nahrung. — Bei 18—20°, Ruhe, gemischter Kost, fehlender Luftbewegung scheinen 40—60 Prozent Feuchtigkeit am günstigsten zu sein; bei höheren Temperaturen 30—40 Prozent. — Nur bei niederen Temperaturen unter 15° bewirkt feuchte Luft eine Vermehrung der Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung im Vergleich zu kalter trockener Luft; erstere macht daher bei gleichem Temperaturgrad einen viel käl-

teren Eindruck. Eine Schwankung der Luftfeuchtigkeit um $12^{1}/_{2}$ Prozent erzeugt eine ähnliche Vermehrung des Wärmeverlustes durch Leitung wie eine Verminderung der Temperatur um 1° (RUBNER). — Extrem niedrige Feuchtigkeitsprozente sind bei niederer Temperatur ohne erhebliche Wirkung. Bei höheren Wärmegraden sind sie willkommen zur Erleichterung der Wärmeabgabe; die oben erwähnten störenden Erscheinungen kommen nur vor, wenn sehr hohe, tropische Temperatuen, heftige Winde und starker Staubgehalt der Luft gemeinsam zur Wirkung gelangen.

Abgesehen von der geschilderten Beeinflussung der Wasserdampfabgabe und Wärmeabgabe des Körpers zeigt die Luftfeuchtigkeit aber noch eine Reihe von ausgesprochenen hygienischen Beziehungen, welche mit gewissen alltäglichen Beobachtungen über die Wirkung feuchter oder trockener Luft zusammenfallen. Wenn wir im gewöhnlichen Leben von trockener oder feuchter Luft sprechen, so wollen wir damit die austrocknende, das Wasser von freien Flächen zum Verdunsten bringende Kraft der Luft bezeichnen. Durch eine trockene Luft wird die Feuchtigkeit unserer Kleidung, der Schweiß, die Feuchtigkeit der Bodenoberfläche rasch verdunstet, es bildet sich Staub; Holz, Nahrungsmittel, die Vegetation vertrocknen. Gleichzeitig empfinden wir eine stärker austrocknende Luft daran, daß die Lippen und die Haut spröde werden, und daß bei offenem Munde und bei anhaltendem Sprechen Zunge und Gaumen eintrocknen und Durstemfindung auslösen.

Diese austrocknende Wirkung der Luft hat eine vielfache indirekte hygienische Bedeutung dadurch, daß die Bildung und Verbreitung von Luftstaub, die Lebensfähigkeit, die Vermehrung und Verbreitung der Mikroorganismen, die Wasserverhältnisse des Bodens u. a. m. von derselben abhängig sind. Bei trockener Luft hört die Vermehrung der auf dem Boden oder in irgendwelchen feuchten Substraten lebenden Mikroorganismen auf; viele Arten werden sogar durch das Trocknen getötet; dafür werden aber die resistenteren mit dem Staub in die Luft übergeführt und durch Winde verbreitet. Stellt sich ferner an der Bodenoberfläche eine trockene Zone von einiger Mächtigkeit her, so sinkt das Grundwasser und jedes Tieferspülen von Niederschlägen oder Verunreinigungen in die unteren Bodenschichten hört auf. Auch die Bewohnbarkeit von Neubauten und Kellerwohnungen, die Konservierbarkeit mancher Nahrungsmittel usw. ist wesentlich von der austrocknenden Kraft der Luft abhängig.

Es ist daher für die Hygiene auch von Interesse festzustellen, welcher unter den verschiedenen Ausdrücken für das Verhalten der Luftfeuchtigkeit die verdunstende Kraft der Luft gegenüber toten Flächen am richtigsten kennzeichnet.

Aus den oben gegebenen Zahlen für die örtliche und zeitliche Verteilung der absoluten Feuchtigkeit geht ohne weiteres hervor, daß dieselbe uns den gewünschten Maßstab nicht gibt, daß sie sich vielmehr eher gegensätzlich verhält.

Ebensowenig wird die austrocknende Wirkung der Luft durch die relative Feuchtigkeit gemessen. Wir machen stets die Erfahrung, daß die trocknende Wirkung der Luft im Hochsommer der des Winters um ein ganz Bedeutendes überlegen ist, viel mehr als dies in den S. 34 aufgeführten zeitlichen Differenzen der relativen Feuchtigkeit hervortritt. Ferner weisen vielfache Erfahrungen der Bewohner der westlichen Vereinigten Staaten (z. B. das schnelle Austrocknen der Neubauten, der Wäsche, aufbewahrten Brotes usw.) darauf hin, daß dort eine ganz erheblich trocknere Luft herrscht als auf unserem Kontinent; trotzdem ist die relative Feuchtigkeit dort kaum geringer als z. B. in Wien. — Die eminent austrocknende Wirkung des Chamsin ist vollauf bekannt, und doch zeigt hier die Luft immer noch höhere relative Feuchtigkeit als in den Wintermonaten an der Riviera, wo weder Menschen noch Vegetation unter austrocknender Luft zu leiden haben.

Für diese austrocknende Wirkung der Luft gibt vielmehr das Sättigungsdefizit einen richtigen Ausdruck. Die Intensität der Wasserverdunstung ist cet. par. der Größe des Sättigungsdefizits proportional; je größer der noch nicht mit Wasserdampf gefüllte Raum ist ($F - F_0$), um so energischer austrocknend wirkt die Luft. Im Grunde sind zwar für die Verdunstung noch zwei andere Faktoren in Betracht zu ziehen, die Luftbewegung und der Luftdruck. Abgesehen vom Höhenklima kommen aber bedeutende Differenzen des Luftdrucks auf der Erdoberfläche nicht vor; und es sind daher im Freien nur Sättigungsdefizit und Wind, in geschlossenen Räumen und bei Windstille sogar das Sättigungsdefizit allein maßgebend für die Verdunstung.

Die zeitliche und örtliche Verteilung des Sättigungsdefizits harmoniert in der Tat mit allen unseren Erfahrungen über die Verschiedenheiten in der austrocknenden Wirkung der Jahreszeiten und Klimate. Die starken zeitlichen Differenzen stimmen mit der Tatsache überein, daß wir im Sommer ein viel schnelleres Austrocknen beobachten als im Winter; die starken örtlichen Differenzen entsprechen den Unterschieden des kontinentalen und des Seeklimas in bezug auf trocknende Wirkung der Luft.

Auch das aus der relativen Feuchtigkeit in keiner Weise erklärliche Verhalten der Luftfeuchtigkeit im Westen der Vereinigten Staaten, an der Riviera und in Ägypten findet volle Erklärung, sobald man die

Luftfeuchtigkeit nicht durch die relative Feuchtigkeit, sondern durch das Sättigungsdefizit mißt. Der Unterschied beider Ausdrücke liegt eben wesentlich darin, daß bei gleicher relativer Feuchtigkeit, aber wechselnder Temperatur, das Sättigungsdefizit außerordentlich verschieden ausfällt und daß im Sättigungsdefizit der Einfluß der Temperatur gleichsam mitenthalten ist. Bei + 5° repräsentiert eine relative Feuchtigkeit von 70 Prozent eine gar nicht austrocknende Luft von 2 mm Sätt.-Def., bei 35° dagegen eine sehr stark trocknende Luft von 12 mm Sätt.-Def. Im Osten der Vereinigten Staaten haben wir zwar ungefähr gleiche relative Feuchtigkeit wie bei uns, aber durchschnittlich erheblich höhere Temperatur, und daraus ergibt sich ein erheblich größeres Sättigungsdefizit. Bei uns haben wir im Juli eine mittlere Temperatur von 18° und 68 Prozent Feuchtigkeit, in Philadelphia dagegen 24·4° und 60 Prozent Feuchtigkeit; das Sättigungsdefizit beträgt dann bei uns 4·9 mm, an letzterem Orte 9·1 mm; dementsprechend ist die austrocknende Wirkung der Luft etwa doppelt so groß. — Ebenso erklärt sich jetzt das paradoxe Verhalten Ägyptens und der Riviera. Der Chamsin zeigt bei 25—30 Prozent Feuchtigkeit eine Temperatur von zirka 40°, das Sättigungsdefizit beträgt alsdann 40 mm; eine Zahl, welcher man eben nur in der vegetationslosen Wüste begegnet; dazu kommt noch die Wirkung der lebhaften Windbewegung und der aufgewirbelten Staubmassen. An der Riviera beobachten wir dagegen 20 Prozent Feuchtigkeit bei einer gleichzeitigen Durchschnittstemperatur von etwa 10°; das Sätt.-Def. beträgt alsdann 7 mm, d. h. derselbe ist immerhin noch so gering, daß man nicht von einer stark austrocknenden Wirkung sprechen kann.

D. Die Wärme.

Methode der Beobachtung. Gewöhnlich benutzt man empfindliche Quecksilberthermometer mit kleinen Gefäßen, welche in gewissen Zwischenräumen geeicht werden müssen; zuweilen Metallthermometer; für große Kältegrade Weingeistthermometer.

Speziell für meteorologische Beobachtungen werden vielfach Maximal- und Minimalthermometer gebraucht. Die jetzt gebräuchlichste Konstruktion ist das U-förmige Thermometer von Six und Casella, ein Weingeistthermometer mit Einschaltung eines Quecksilberfadens, der an jedem Ende einen Index vorschiebt, so daß Maximum und Minimum beobachtet werden können.

Die Aufstellung des Thermometers muß, da nur die Lufttemperatur gemessen werden soll, in solcher Weise erfolgen, daß es gegen die Strahlung vom Boden und von erwärmten Hauswänden, ebenso auch gegen Regen usw. geschützt ist. Daher muß das Thermometer an der Nordwand des Hauses, mindestens vier Meter über dem Boden und in einem Gehäuse angebracht werden, welches keine Bestrahlung, sondern nur eine Einwirkung der zutretenden Luft auf das Thermometer gestattet. — Auch im Zimmer zeigt das an einer

Wand anliegende Thermometer nur die Temperatur dieser Wand, die oft von der Temperatur anderer Wände und der Luft erheblich abweicht.

In einfacher und hinreichend genauer Weise läßt sich dagegen die wirkliche Lufttemperatur bestimmen durch das „Schleuderthermometer", d. h. durch ein gewöhnliches Thermometer, welches an einer 1 Meter langen Schnur einige Male im Kreise geschwungen wird. — Für meteorologische Stationen empfiehlt sich die Anwendung des Assmannschen Aspirationsthermometers. Das Thermometer befindet sich in einem dünnwandigen Metallgehäuse; im Kopf des Gehäuses liegt ein Federkraft-Laufwerk, durch welches ein Exhaustor-Scheibenpaar in schnelle Umdrehung versetzt wird; letzteres unterhält einen konstanten Luftstrom, der mit 2,3 m pro Sek. Geschwindigkeit am Thermometergefäß vorbeistreicht.

Soll auch der Erwärmung durch die Sonnenstrahlung Rechnung getragen werden, so sind — da an den gewöhnlichen Thermometerkugeln eine fast vollständige Reflexion der Strahlen stattfindet — Thermometer mit geschwärzten Gefäßen zu verwenden, die in eine luftleere Glashülle eingeschlossen sind (Vakuumthermometer). Sie geben in der Differenz gegenüber der Lufttemperatur ein annäherndes Maß der Strahlungsintensität. — Eine direkte Messung der Sonnenscheindauer erfolgt durch den Campbellschen Autographen. Unter einer als Brennlinse wirkenden Glaskugel liegt ein Papierstreifen, auf dem die Tagesstunden markiert sind; die Sonne erzeugt eine beim Dazwischentreten von Wolken unterbrochene Brandlinie, deren addierte Strecken der Sonnenscheindauer entsprechen.

Die Thermometerbeobachtungen zu meteorologischen Zwecken erfolgen am vollkommensten durch selbstregistrierende Thermometer, welche den Gang der Temperatur vollständig aufzeichnen. Auch stündliche Ablesungen ergeben fast ebenso brauchbare Resultate, werden indes nur an wenigen Stationen ausgeführt. Addiert man die Stundenbeobachtungen eines Tages und dividiert durch 24, so erhält man das Tagesmittel der Temperatur. Die Tagesmittel addiert und durch die Zahl der Tage des Monats resp. Jahres dividiert ergeben das Monatsmittel resp. Jahresmittel. — Ein richtiges Tagesmittel wird auch erhalten, wenn man nur dreimal täglich, 8 Uhr früh, 2 Uhr nachmittags, 10 Uhr abends beobachtet und die Summe der erhaltenen Zahlen durch 3 dividiert; oder wenn man um 7 Uhr früh, 2 Uhr nachmittags, 9 Uhr abends abliest, die für die Abendstunde erhaltene Zahl doppelt setzt und durch 4 dividiert; oder wenn man aus den Daten für 8 Uhr früh, 2 Uhr nachmittags, 7 Uhr abends und für das Minimum das Mittel bildet. Auch das allein aus Maximal- und Minimaltemperatur entnommene Mittel gibt ein annähernd richtiges, im ganzen jedoch zu hohes Tagesmittel.

Örtliche und zeitliche Schwankungen der Temperatur.

Die auf die Erde gelangende Wärme rührt ausschließlich her von der Sonnenstrahlung. Die Atmosphäre absorbiert je nach ihrer Dicke einen großen Teil der Wärmestrahlen; bei 10° Sonnenhöhe wird nur etwa der vierte Teil der Wärme durchgelassen wie bei größter Sonnenhöhe; an hochgelegenen Orten ist die Atmosphärenschicht niedriger und die Strahlung um so kräftiger. Ferner ist diese in sehr hohem Grade von der Trübung der Atmosphäre durch Wasserdunst, Wolken,

Staub usw. abhängig. — Für die Intensität der Wirkung kommt daneben die Dauer der Strahlung (Tageslänge, Sonnenscheindauer), und der Winkel in Betracht, in welchem die Sonnenstrahlen auffallen. Für die Erwärmung des Bodens sind die senkrechten Strahlen, für Hauswände, aufrechte Menschen usw. die horizontalen cet. par. von größter Wirkung.

Der Erwärmung durch Strahlung wirkt entgegen die Abkühlung durch Ausstrahlung gegen den Weltenraum, die bei klarer trockener Luft und dünner Atmosphärenschicht (Hochgebirge) am größten ausfällt. Die Höhenlage eines Orts ist daher auf sein Wärmeverhalten von großem Einfluß; im Mittel nimmt die Temperatur für je 100 m Steigung um 0.57° (in größerer Höhe langsamer) ab.

Zur Charakterisierung der Wärmeverhältnisse im Freien wird die Messung der Sonnenstrahlung selten herangezogen (vgl. jedoch unter „Höhenklima“). Meist wird nur die Lufttemperatur beobachtet, und aus den Einzelbeobachtungen werden die Monats- und Jahresmittel sowie die Mittelzahlen aus den Extremen und Temperaturschwankungen berechnet, um das Klima eines Ortes zu charakterisieren.

Die umstehende Tabelle enthält diese Zahlen für 25 aus allen Zonen ausgewählte Städte; und zwar ist berücksichtigt:

1) in Kol. 3 **die mittlere Jahrestemperatur**, die außer vom Breitengrad (Kol. 1) hauptsächlich noch von der Höhenlage beeinflußt wird Kol. 2, Verakruz und Mexiko, Kalkutta und Darjeeling, Berlin und München).

2) **Die absoluten und mittleren Extreme** (Kol. 4—7). Unter absoluten Extremen versteht man die höchste resp. niedrigste Temperatur, welche überhaupt während der gesamten Beobachtungsjahre zu verzeichnen war; die mittleren Extreme findet man, indem man die höchsten resp. niedrigsten Temperaturen der einzelnen Beobachtungsjahre addiert und durch die Zahl der Jahre dividiert.

Die niedrigste, in Sibirien (Werchojansk) beobachtete Temperatur betrug — 68°. Die höchsten Wärmegrade finden sich in der Nähe des roten Meeres und sollen dort bis + 65° betragen. In Chartum ist das mittlere Maximum + 46·6°; in Lahore das absolute Extrem + 50·9°, in Multan + 52·8°. Zwischen höchster und niedrigster Temperatur der von Menschen bewohnten Stätten findet man also eine Differenz von 133°; während die mittlere Temperatur um etwa 46° differiert.

3) **Die mittlere Tagesschwankung**, d. h. die mittlere Differenz zwischen der Maximal- und Minimaltemperatur eines Tages (Kol. 8).

	Geograph. Breite	Höhe über dem Meeresniveau	Mittlere Jahres-Temperatur	Mittlere Extreme		Absolute Extreme		Mittlere Tages-schwankung	Mittlere Temperatur des		Mittlere Jahres-schwankung	Veränderlichkeit von Tag zu Tag
		in Met.		Max.	Min	Max.	Min.		wärmsten Monats	kältesten Monats		
Chartum	15°36′	388	28·6	46·6	10·0	—	—	—	34·5	22·7	11·8	—
Sansibar	6°10′S.	—	26·7	31·7	21·7	32·6	20·4	4·1	28·1	25·2	2·4	—
Kalkutta	22°32′	6	24·8	38·6	12·1	41·1	9·3	7·1	28·4	18·1	10·3	—
Darjeeling	27° 3′	2107	12·3	25·8	− 1·6	—	—	—	16·7	4·9	11·8	—
Veracruz	19°12′	—	25·4	37·0	13·3	—	—	—	27·7	22·1	5·6	—
Mexiko	19°26′	2266	16·4	29·4	− 1·1	—	—	—	19·6	12·5	7·1	—
Madrid	40°25′	655	13·5	49·5	− 6·9	—	—	13·2	24·5	4·9	16·6	1·0
Rom	41°54′	50	15·3	35·0	− 3·5	—	− 6·0	8·0	24·8	6·7	18·1	1·5
Paris	48°50′	34	10·3	33·5	− 9·8	—	−23·9	—	18·3	2·0	16·3	—
Köln	50°55′	60	10·1	32·2	−11·8	35·1	−22·5	—	18·7	1·6	17·1	—
München	48° 9′	528	7·5	30·4	−18·5	37·5	−30·1	7·3	17·3	− 3·0	20·3	—
Berlin	52°30′	48	9·0	33·0	−15·4	37·0	−23·0	—	18·8	− 0·8	19·6	1·6
Wien	48°12′	197	9·7	33·5	−14·5	38·0	−25·5	8·0	20·5	− 1·7	22·2	1·9
Dublin	53°22′	58	9·5	24·7	− 5·1	—	—	—	15·4	4·7	11·3	—
London	51°33′	37	10·3	31·3	− 8·1	—	−15·6	—	17·9	3·5	14·4	1·8
Hammerfest	70°42′	10	1·9	24·0	−14·2	30·0	−20·0	—	11·8	− 5·2	17·0	—
St. Petersburg	59°56′	10	3·6	29·3	−28·5	—	−39·0	4·7	17·7	− 9·4	27·1	2·2
Moskau	55°46′	160	3·9	31·4	−30·5	—	−42·5	—	18·9	−11·1	30·0	2·6
Astrachan	46°21′	−20	9·4	36·3	−26·0	—	−31·9	—	25·5	− 7·1	32·6	—
Jrkutsk	62° 1′	160	−11·2	33·0	−54·8	—	−62·0	9·0	18·8	−42·8	61·6	3·2
Washington	38°53′	27	12·0	34·9	−15·8	—	—	—	24·4	0·2	24·2	1·5
Reykiavik	64° 8′	—	3·3	—	—	—	—	—	12·1	− 2·5	14·6	—
Spitzbergen	79°53′	—	− 8·9	12·8	−38·0	—	—	—	4·6	−22·7	27·3	—
N.-W. Grönland . . .	72°48′	—	−11·1	—	—	—	—	—	4·4	−28·0	32·4	—

Über dem Meere ist die Tagesschwankung selbst unter dem Äquator, wo die Teilung des Tages in Tag und Nacht am schärfsten hervortritt, sehr gering, inmitten der großen Kontinente selbst in polarer Region bedeutend. Außerdem sind die örtlichen Lageverhältnisse, die Neigung zur Bewölkung usw. für die Temperaturschwankung des einzelnen Ortes von Wichtigkeit.

Die intensivsten Kontraste innerhalb 24 Stunden treten in der Sahara, im westlichen Tibet, im westlichen Hochplateau Nord-Amerikas hervor. Dort finden sich Tagesschwankungen von 40—42°. Die Temperatur kann dort nachmittags 2 Uhr bis 38° betragen, des nachts aber durch intensive Ausstrahlung gegen den völlig klaren Himmel bis unter den Gefrierpunkt sinken. — In denselben Breiten ist dagegen über dem atlantischen Ozean die mittlere tägliche Schwankung zu 1·6° gefunden.

In unseren Breiten begegnet man den höchsten Tagesdifferenzen an heiteren Sommertagen, wo Schwankungen von 15—20° (morgens früh + 13°, nachmittags + 31°) nicht selten sind; ferner zuweilen im Winter und Frühjahr, wenn Windrichtung und Wetter eine plötzliche Änderung erfahren. So gehört ein rasches Ansteigen der Temperatur von — 7° auf + 6° in unserem Klima zu den alljährlichen Vorkommnissen.

4) **Die mittlere Jahresschwankung** (Kol. 9—11). Inmitten der großen Kontinente finden wir die stärksten Kontraste der Temperatur im Laufe eines Jahres, und zwar um so stärker, in je höhere Breiten wir kommen; während im tropischen See- und Küstenklima die Jahresschwankung minimal wird.

Sie wird gemessen durch die Differenz zwischen den mittleren Temperaturen des heißesten und des kältesten Monats, und man gewinnt so einen Ausdruck für den durchschnittlichen Kontrast der Jahreszeiten.

Wie wichtig es für die Charakterisierung eines Klimas ist, daß neben der mittleren Jahrestemperatur auch die mittlere Jahresvariation der Temperatur angegeben wird, das geht z. B. aus einem Vergleich zwischen Dublin und Astrachan hervor. Beide Orte zeigen gleiche mittlere Jahreswärme; der Unterschied zwischen heißestem und kältestem Monat beträgt aber in Dublin nur 11°, in Astrachan 33°; die unperiodische Jahresschwankung beziffert sich in Dublin auf 30°; in Astrachan auf 62°.

5) **Die interdiurne Veränderlichkeit**, d. h. der unperiodische Temperaturwechsel, der sich von einem Tag zum anderen vollzieht

(Kol. 12). Bei starkem derartigen Wechsel sprechen wir von „veränderlichem Wetter“, und wenn sich derselbe in einem größeren Abschnitt des Jahres wiederholt bemerkbar macht, von „veränderlichem Klima“.

Die mittlere Veränderlichkeit eines Monats erhält man dadurch, daß man die Differenzen zwischen der Mitteltemperatur je zweier aufeinander folgender Tage bildet, die für den ganzen Monat gefundenen Differenzen addiert und durch die Zahl der Monatstage dividiert. Aus den Monatswerten erhält man die mittlere Veränderlichkeit des Jahres. Dieselbe nimmt im allgemeinen nach den Polen hin zu, jedoch in sehr unregelmäßiger Weise; die Maxima liegen z. B. im nördlichen Teil der Vereinigten Staaten und in Westsibirien. Landeinwärts wird die Veränderlichkeit im ganzen größer; ferner steigt sie mit der Höhenlage. Jedoch sind lokale Momente und namentlich die herrschenden Windrichtungen von bedeutendem Einfluß. — Zeitlich findet sich die höchste Veränderlichkeit im Winter, die geringste im Sommer.

Hygienischer Einfluß der beobachteten Temperaturgrade und Temperaturschwankungen.

Direkte Störungen der Gesundheit durch die Temperatureinflüsse der Atmosphäre müssen vorzugsweise die Wärmeregulierung unseres Körpers betreffen, und es ist daher erforderlich, zunächst auf die Art und Weise, wie die Eigenwärme des Körpers unter den verschiedensten äußeren Verhältnissen erhalten wird, etwas näher einzugehen.

Die Wärmeregulierung des Körpers.

Im allgemeinen findet die Abfuhr der 3000 W.-E., welche im Mittel der Körper des Erwachsenen in 24 Stunden produziert, auf folgenden Wegen statt:

1. Durch die Speisen, welche indes für gewöhnlich nur 40—50 Wärmeeinheiten aufnehmen. 2. Durch die Erwärmung der Atemluft und durch Wasserverdunstung an der Lungenoberfläche, 200—400 W.-E. 3. Durch Wärmeabgabe von der Haut, 2000 W.-E. und mehr.

Die letztere überwiegend wichtige Wärmeabfuhr erfolgt teils durch Leitung, teils durch Strahlung, teils durch Wasserverdunstung. Diese drei Abfuhrwege können in der freien Atmosphäre sämtlich außerordentlich kräftig funktionieren und jeder für sich den ganzen Wärmebetrag abführen. Andererseits aber kann es auch im Freien zu einem völligen Abschluß des einen oder des anderen oder sogar auch aller drei Wege kommen.

Durch Leitung gibt der menschliche Körper Wärme vor allen Dingen an die umgebende Luft ab, umsomehr, je größer die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft ist und je rascher die Luft wechselt. Hat die Luft z. B. eine Temperatur von 17°, so läßt sich berechnen, daß 1 cbm Luft bei seiner Erwärmung auf Körpertemperatur

höchstens 6 W.-E. aufnimmt; in einem geschlossenen Raume wird daher die gesamte Wärmeabgabe durch Leitung unbedeutend sein, insbesondere bei höheren Lufttemperaturen, wo die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft sehr gering wird. Eine erhebliche Abgabe durch Leitung findet nur statt bei bewegter Luft, und da im Freien gewöhnlich eine Luftbewegung von mindestens $^1/_2$—2 Meter pro Sekunde besteht, so wird dort diese Art der Wärmeabgabe viel mehr leisten können, als im Zimmer. Immerhin ist auch im Freien die Menge der abgeleiteten Wärme sehr wechselnd; bei kalten heftigen Winden sehr groß, bei warmer ruhiger Luft geringfügig.

Die Wärmeabgabe durch Strahlung ist teils von der Größe und dem Ausstrahlungsvermögen der Körperoberfläche, von der Temperaturdifferenz gegenüber den umgebenden Gegenständen und von einigen anderen weniger einflußreichen Faktoren abhängig. Dieser Weg der Wärmeabgabe funktioniert ausgiebig innerhalb geschlossener Räume, wo durch die Ausstrahlung gegen kältere Wände, Möbel u. dgl. unter Umständen die hauptsächlichste Wärmeabgabe des Körpers erfolgen kann. Derselbe Weg gelangt auch im Freien zur Benutzung, wenn z. B. kältere Hauswände, namentlich aber Bäume oder Sträucher, die durch ihre stete reichliche Wasserverdunstung eine relativ niedrige Eigentemperatur haben, in der Umgebung sich finden. Andererseits kann die Wärmeabgabe durch Strahlung minimal werden, wenn z. B stark erwärmte Felswände, Hausmauern oder andere Menschen die Umgebung des Körpers bilden.

Durch Wasserverdunstung können ebenfalls sehr große Mengen Wärme dem Körper entzogen werden. Bei der Verdunstung von 1 g Wasser werden 0.51 W.-E. latent. Da nun der Mensch für gewöhnlich 900 g, bei stärkerer Körperanstrengung 2000—2600 g Wasser durch Verdunstung von der Haut verlieren kann, so beträgt die Wärmeentziehung auf diesem Wege allein 500 bis 1500 W.-E.; jedoch ist das Maß der Wasserverdunstung durchaus abhängig teils von gewissen im Körper gelegenen Momenten, teils von der Lufttemperatur, der Lufttrockenheit, der Luftbewegung und dem Luftdruck (s. S. 35).

Gegenüber dieser außerordentlich variablen Zahl und Breite der Wege der Wärmeabfuhr ist es von großer Bedeutung, daß durch Abänderungen der äußeren wärmeentziehenden Faktoren stets eine derartige Reaktion der im Körper gelegenen regulierenden Faktoren angeregt wird, daß der Wärmezustand des Körpers der gleiche bleibt.

Namentlich ist die Wärmeabgabe von der Haut nach deren jeweiliger Beschaffenheit eine wechselnde und mit der Tätigkeit der kälte- und der wärmeempfindlichen Hautnerven eng verknüpft. Bei Reizung durch Tem-

peraturänderungen der Haut regen die kälteempfindlichen Nerven die Gefäßverengerer der Haut zur Tätigkeit an: Die Haut wird blutleer, blaß, trocken und schrumpft; die wärmeempfindlichen Nerven dagegen bewirken Gefäßerweiterung und Schweißsekretion: Die Haut wird blutreich, rot, feucht und gedunsen. Einen Maßstab für die Art und Stärke des Nervenreizes gewinnt man durch (thermoelektrische) Messungen der Hauttemperatur: Beträgt diese 32 bis 33° (nackter Körper bei 22—24° C. Lufttemperatur), so befinden sich die Temperaturnerven im Zustande geringster Reizung; man fühlt sich „behaglich“. Bei Temperaturanstieg treten die Wärme-, beim Sinken die Kältenerven in Tätigkeit und zwar um so lebhafter, je weiter und schneller sich die Hauttemperatur von jener Indifferenztemperatur entfernt. Für die gewöhnlich unbekleideten Hautstellen (Gesicht und Hände) mit Ausnahme der Spitzenteile (Nasenspitze, Ohrmuschel, Fingerspitzen) beträgt die Steigerung, bew. der Abfall der Hauttemperatur für je 1° Lufttemperatur etwa 0.3° C., an den bekleideten Stellen sehr viel weniger, verschieden je nach der Bekleidung.

Der bekleidete Körper zeigt auf der Oberfläche der Kleider im Mittel eine Temperatur von 21°, schwankend je nach Zahl und Dicke der Kleidungsschichten; bei Sommerkleidung etwa 22°, bei Winterkleidung 19° (s. Kap. VII). Diese Temperaturen der Oberfläche des bekleideten Körpers sind vorzugsweise maßgebend für die Intensität der jeweiligen Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung. Die relativ geringfügigen unbekleideten Teile des Körpers kommen hierfür weniger in Betracht; die Messung der Temperatur an diesen Stellen ergibt aber interessante Aufschlüsse über die Beziehungen zwischen dem Wärmeverhältnissen der äußeren Umgebung und dem Körper.

Genaue thermoelektrische Messungen haben ergeben, daß die Hauttemperatur in der Stirnmitte innerhalb gewisser Grenzen der Lufttemperatur proportional ist, so daß man aus der Stirntemperatur nach der (individuell etwas schwankenden) Formel $St = 24 + 0,37 \, . \, L$, wo St die Stirn-, L die Lufttemperatur bedeutet, die Luftwärme berechnen kann und umgekehrt. Für die Stirntemperatur ist ferner empirisch das Empfinden des Körpers ermittelt; und es hat sich gezeigt, daß

bei	einer	Hauttemperatur	von unter	28°	empfunden wird:	sehr kalt
„	„	„	„	28—29°	„ „	kalt
„	„	„	„	29—30°	„ „	kühl
„	„	„	„	30—31,5°	„ „	normal
„	„	„	„	31,5—32,5°	„ „	warm
„	„	„	„	32,5—33,5°	„ „	sehr warm
„	„	„	„	33,5° u. darüber	„ „	heiß.

Erhebt sich die Stirntemperatur auf 34—35°, so treten bei vielen Menschen bereits Symptome einer Wärmestauung — Kopfschmerz, Flimmern, Schwindel, Übelkeit und Ohnmacht — ein; bei höheren Graden von Wärmestauung kommt es zu den S. 49 geschilderten bedrohlichen Erscheinungen des Hitzschlags. Besonders empfindlich sind die meisten Menschen in dieser Beziehung gegen hohen Wasserdampfgehalt der Luft und Fehlen der Luftbewegung, so daß die Wasserverdampfung von der Haut und die damit verbundene kräftige Entwärmung behindert wird. Bei einer Lufttemperatur von 27° und 55% tritt ungefähr die gleiche Temperatursteigerung der Haut und dieselbe Wärmestauung ein, wie bei 23° und 75% Feuchtigkeit. Gleichzeitig mit der abnormen Hauttemperatur pflegt auch ein Anstieg der Feuchtigkeit der die Haut des bekleideten Körpers umspülenden Luftschichten einzutreten; diese beträgt bei normalen Entwärmungsverhältnissen 35%; bei drohender Wärmestauung 55—65% (s. unter „Kleidung"). Bei manchen Menschen scheint eine Gewöhnung der Art möglich zu sein, daß selbst Hauttemperaturen von 1—2° über 35° nicht mehr mit Wärmestauungssymptomen einhergehen.

Die Regulierung, welche dem Körper seine Eigenwärme wahren und ihn sowohl vor Wärmestauung wie vor zu starker Abkühlung schützen soll, betrifft teils die Wärmeproduktion, teils die Wärmeabgabe des Körpers.

Eine Vermehrung oder Verminderung der Wärmeproduktion kann einmal erfolgen durch Vermittelung der Hautnerven. Je nachdem diese in stärkerem oder geringerem Grade abgekühlt werden, regen sie reflektorisch den Verbrennungsprozeß in den Muskeln mehr oder weniger an (chemische Wärmeregulation). Für je 1° Temperatursteigerung sinkt die CO_2-Ausscheidung und die Wärmeproduktion um etwa 2 Prozent. Bei einer Außentemperatur von mehr als 20° sistiert aber die weitere Herabsetzung. — Zweitens kann durch Vermehrung oder Einschränkung der willkürlichen Muskelbewegungen die Wärmeproduktion geändert werden. Bei starker Abkühlung tragen außerdem unwillkürliche Muskelbewegungen (Zittern, Frostschauer) zu vermehrter Wärmebildung bei. — Drittens kann durch Variierung der Quantität und Qualität der Nahrung die Wärmeproduktion beeinflußt werden. Namentlich wird durch Fettaufnahme die Wärmebildung vermehrt; bei ruhendem Körper steigert in erster Linie reichliche Eiweißzufuhr den Umsatz der Zellen.

Die Wärmeabgabe wechselt nach dem Atemvolum; zweitens je nach der Vergrößerung oder Verringerung der Wärme abgebenden Körperoberfläche (Strecken und Spreizen der Beine usw.); vor allem aber nach der Blutfülle und Blutzirkulation des vorzugsweise für die

Wärmeabgabe in Betracht kommenden Organs, der Haut, und nach der Intensität der Wasserverdampfung von der Haut. — Diese physikalische Wärmeregulation, bei der in erster Linie die Haut aktiv ist, setzt namentlich dann ein, wenn die chemische Wärmeregulation versagt, also bei Außentemperaturen über 20°. Unter gewissen Verhältnissen, z. B. bei lebhaftem Wind, tritt sie erst bei erheblich höheren Temperaturen in Aktion; stärkerer Wind versetzt uns gleichsam in ein kühleres Klima als die Lufttemperatur anzeigt, und die chemische Regulation reicht dann bis zu höheren Temperaturgraden hinauf (vgl. S. 30). Andererseits setzt die physikalische Regulierung schon bei unter 20° liegenden Lufttemperaturen ein, wenn Überernährung und reichliche Muskelaktion statthat (Rubner, Wolpert).

Für den unbekleideten Körper würden indes alle diese regulierenden Vorrichtungen nicht ausreichen, um demselben unter allen klimatischen und Witterungsverhältnissen die Erhaltung der normalen Körperwärme zu garantieren. Erst durch Einschaltung der Kleidung und Wohnung, und durch entsprechende Abwechselung sowohl in Zahl und Dicke der Kleidungshüllen wie in Heizung und Lüftung der Wohnung gelingt es dem Menschen, sich gegen die starken Variationen der Lufttemperatur ausreichend zu schützen.

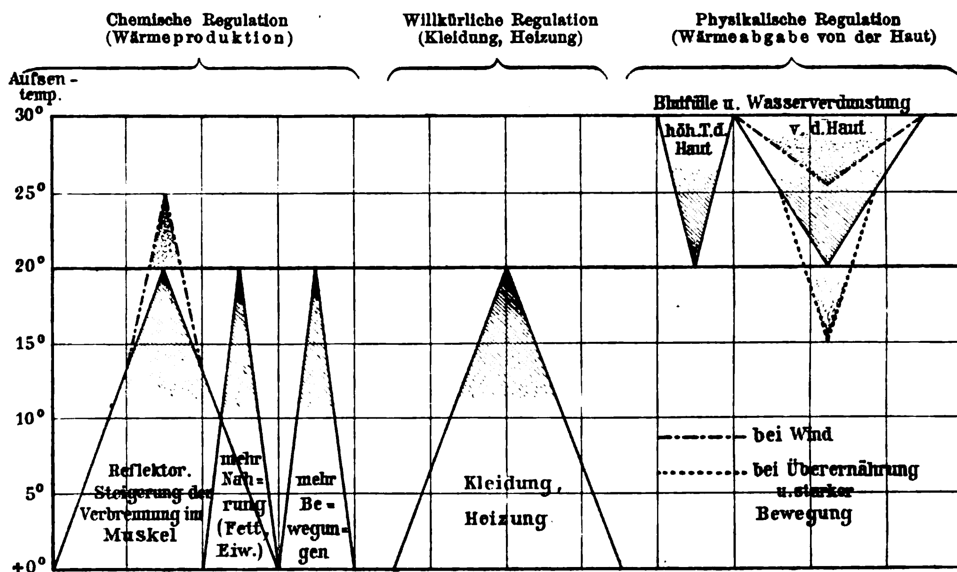


Fig. 2. Wärmeregulierung.

Die vorstehende Figur (Fig. 2) gibt eine schematische Darstellung der Wärmeregulierung, jedoch ohne die quantitativen Be-

ziehungen der einzelnen, bei abnormen Temperaturverhältnissen in Betracht kommenden Entwärmungsmittel genauer zur Anschauung zu bringen. Selbst wenn diese künstlichen Vorrichtungen zu Gebote stehen, kommt es noch häufig zu Störungen der Wärmeregulierung, weil die richtige Handhabung und Anpassung jener Vorrichtungen unter Umständen schwierig ist und weil viele Menschen gezwungen sind, einen Teil des Tages außerhalb der Wohnung zuzubringen, lediglich auf den Schutz der Kleidung angewiesen.

Es ist nach vorstehendem begreiflich, daß die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre trotz aller der geschilderten natürlichen und künstlichen Reguliervorrichtungen nicht selten zu Gesundheitsstörungen führen.

Entweder kann durch zu hohe Temperatur die Entwärmung des Körpers behindert werden, so daß eine Art Wärmestauung entsteht; oder niedere Temperaturgrade führen zu starke Abkühlung und dadurch Erfrierungen oder Erkältungen herbei.

a) Die Einwirkung hoher Temperaturen.

Die akuten Krankheitserscheinungen, welche durch hochgradige Wärmestauung zustande kommen, bezeichnet man als **Hitzschlag**.

Im Anfangsstadium erscheint das Gesicht gerötet, die Augen glänzend; es stellt sich Kopfschmerz, ein Gefühl von Beklemmung, Trockenheit im Halse und heisere Stimme ein. Weiterhin wird die Haut trocken und brennend; dazu gesellt sich Flimmern vor den Augen und Ohrensausen; die Herzaktion wird stürmisch; dann tritt ohnmachtähnliche Schwäche, oft Zittern der Glieder ein und schließlich bricht der Kranke bewußtlos zusammen. Von da datiert dann der eigentliche Krankheitsfall, auf dessen Symptome hier nicht einzugehen ist.

Wir begegnen dem Hitzschlag vorzugsweise in den tropischen und subtropischen Ländern, aber auch in Mitteleuropa in heißen Sommern, z. B. bei militärischen Märschen, bei Feldarbeitern usw.; ferner gelegentlich auch in geschlossenen, mit Menschen dicht gefüllten Räumen (s. hierüber S. 87).

Die Bedingungen für den Hitzschlag sind im Freien dann gegeben, wenn die Luft warm, ruhig und mit Feuchtigkeit nahezu gesättigt ist; so in den Tropen im Anfange der Regenperiode, in gemäßigterem Klima an Sommertagen vor dem Ausbruch von Gewittern. Besondere Gefahr bieten ferner Örtlichkeiten, an welchen auch eine Abstrahlung unmöglich wird, z. B. erwärmte Felswände und Engpässe oder die Umgebung mit gleichwarmen Menschen, z. B. bei militärischen Märschen in geschlossener Kolonne. Disponierend wirken außerdem Muskel-

bewegungen; je angestrengter die Arbeitsleistung ist, um so größer wird die Gefahr des Hitzschlags. Eine sehr vollständige Behinderung der Wärmeabgabe kommt bei Tunnelarbeiten und in tiefen Bergwerken zustande; auch hier treten aber die Erscheinungen von Beklemmung, großer Mattigkeit, bedeutender Pulsfrequenz und Steigerung der Eigenwärme auf 39—42° nur bei starker Arbeitsleistung ein. — Disponierend wirken ferner: reichliche Nahrung, welche erhöhte Wärmeproduktion veranlaßt; ungenügendes Getränk, so daß nicht fortwährend Wasserverdunstung von der Haut unterhalten werden kann; ferner Alkoholika, und eng anliegende warme Kleidung. — In ausgesprochenem Grade wird eine individuelle Disposition und eine Gewöhnung an hohe Temperaturen beobachtet; auch eine regelmäßige Steigerung der Körpertemperatur um etwa 1° während der Arbeitsschichten wird anscheinend ohne Nachteil ertragen.

Um dem Hitzschlag vorzubeugen, muß versucht werden, auf irgend einem Wege eine Wärmeabgabe des Körpers zu erreichen. In den Tropen sind, außer zweckmäßiger Kleidung und Wohnung, Vermeiden von Körperbewegungen, mäßige Nahrung, Bewegung der Luft durch Fächer usw. und häufigere kalte Übergießungen indiziert. Bei den militärischen Märschen ist die Kleidung, Nahrung und Getränkaufnahme zu regulieren und die Kolonnen sind möglichst weit auseinander zu ziehen, um eine Zirkulation von Luft und so die Möglichkeit einer gewissen Wärmeabgabe für die im Innern der Kolonne marschierenden Mannschaften herzustellen. Bei Tunnelbauten und in Bergwerken ist durch kräftigste Ventilation die Entwärmung zu unterstützen, die Schichten sind event. zu kürzen usw.

Abweichende Symptome kommen an sonnigen Tagen dadurch zustande, daß nicht sowohl eine allseitige Hemmung der Wärmeabgabe eintritt, sondern eine zu intensive Erhitzung des Körpers durch direkte Sonnenstrahlung. Diese ruft den sogenannten **Sonnenstich** hervor. In leichteren Fällen entsteht durch die chemisch wirksamen blauen bis ultravioletten Strahlen nur an den unbedeckten Hautstellen eine kurz verlaufende Hyperämie oder eine Dermatitis mit Entzündung und Transsudation. In schweren Fällen kommt es zu meningitischen Erscheinungen, zu exzessiver Steigerung der Körpertemperatur und zum Tod zurch Wärmestarre des Herzmuskels.

Der Sonnenstich tritt um so eher ein, je intensiver die Wirkung der Strahlen auf den Körper ist; also namentlich bei senkrecht auffallenden Strahlen, ferner bei klarem Himmel und bei möglichst dünner Schicht der Atmosphäre. In den tropischen Kontinenten und auf höheren Bergen ist er daher am häufigsten; ferner auch beim Aufenthalt auf Wasser oder auf Gletschern, wo die reflektierten Strahlen mit zur Wirkung gelangen.

Gegen die direkten Insolationswirkungen ist Schutz zu suchen durch Einschaltung einer Bedeckung, welche zur Absorption der Strahlen ungeeignet

ist. Zum Schutze gegen die Wärmestrahlen gibt man den Bekleidungsstücken weiße Farbe; außerdem ist namentlich für locker sitzende, mit Öffnungen für Luft versehene und gleichzeitig den Nacken schützende Kopfbedeckungen zu sorgen. Die chemisch wirksamen Strahlen werden dagegen gerade durch dunkle Stoffe unschädlich gemacht.

Chronische partielle Wärmestauung kann durch länger anhaltende Einwirkung mäßig hoher, durch Feuchtigkeit und Windstille unterstützte Temperaturen zustande kommen. Eine Periode mit Tagesmitteln über 25^{0} wird bereits von vielen Menschen schlecht ertragen. Derartige Temperaturen kommen auch in unseren Breiten fast in jedem Sommer vor und führen bei manchen empfindlichen Individuen zu ausgesprochenen Störungen. Namentlich kann es innerhalb der Wohnungen infolge der Insolationswärme der Mauern zu besonderer Steigerung der Wärme und Erschwerung der Wärmeabgabe kommen (s. Kap. Wohnung).

In tropischen Klimaten stellt sich als erste Folge einer andauernden Erschwerung der Wärme- und Wasserdampfabgabe durch warme und feuchte Luft eine Erschlaffung und ein Schwächegefühl des Körpers her, sog. „Tropenanämie". Bei längerer Dauer dieser Anämie stellt sich fast regelmäßig eine Vergrößerung der Leber und auch wohl der Milz ein; auch scheint die Veränderung der Blutbeschaffenheit zu Abnormitäten der Verdauungssäfte zu führen.

Ferner stellt sich infolge der Erschlaffung der Haut eine außerordentliche Empfindlickeit gegen die geringfügigsten Temperaturschwankungen her, und die Menschen sind daher disponiert zur Akquirierung von Erkältungskrankheiten.

Die **Schutzmaßregeln** gegen die aus anhaltend heißer Witterung entstehenden Gesundheitsstörungen stimmen zum Teil mit den gegen den Hitzschlag empfohlenen Maßregeln überein. Für mäßige, eben ausreichende Nahrungsaufnahme, mäßige Muskelarbeit, leichte Kleidung ist in erster Linie zu sorgen; Lage und Einrichtung des Wohnhauses ist so zu wählen, daß dasselbe Schutz gegen exzessive Temperaturen gewährt; durch häufige kalte Waschungen und den Gebrauch großer Fächer ist die Wärmeabgabe zu unterstützen (s. Kap. Wohnung).

b) Die Einwirkung niedriger Temperaturen.

Erfrierungen einzelner Körperteile oder des ganzen Körpers kommen nicht zustande, solange die Möglichkeit zu genügender Bekleidung, ausgiebigen Muskelbewegungen und reichlicher Nahrungsaufnahme gegeben ist. Erst wenn einer dieser Faktoren versagt, z. B. im Schlaf, ferner wenn Störungen des Verdauungsapparates vorliegen

und nicht reichlich Nahrung assimiliert werden kann, droht Gefahr für die Gesundheit und das Leben.

Zunächst entsteht dann eine merkliche Abkühlung der peripheren Körperteile. Die Blutgefäße der Haut erscheinen hier Anfangs kontrahiert; dann aber tritt Gefäßlähmung, Hyperämie und Schwellung und gleichzeitig um so stärkere Entwärmung ein. Bei weiterer Kälteeinwirkung erfolgt dann Erfrieren der peripheren Teile und damit eine Zerstörung der zelligen Elemente und mehr oder weniger ausgedehnte Nekrose. Während dieser Prozeß an den Extremitäten abläuft, macht sich gleichzeitig infolge der ausgedehnten Kontraktion der Hautgefäße Kongestion in Lunge und Gehirn geltend, und infolgedessen Beklemmung und Kopfschmerz. In späteren Stadien steigern sich die Zerebralsymptome; es tritt Schwindel, Betäubung ein und schließlich der Tod durch Lähmung der nervösen Zentralorgane.

Am leichtesten kommt eine derartige Kältewirkung zustande bei stark bewegter kalter Luft. Ferner kann bei relativ hoher Luftwärme abnorme Abkühlung des Körpers erfolgen durch intensive Ausstrahlung; bei völlig heiterem Himmel vermögen selbst Tropennächte zum Erfrieren zu führen. In hohem Grade unterstützt wird der schädigende Einfluß der Kälte durch Alkoholgenuß, der zwar Hyperämie der Haut und dadurch zunächst Wärmegefühl, aber dann auch um so vermehrte Wärmeabgabe herbeiführt.

Bei geringerem Grade der Einwirkung können durch niedere Temperaturen **Erkältungskrankheiten** hervorgerufen werden.

Über das Wesen der Erkältung haben wir noch wenig sichere experimentell begründete Vorstellungen. Wir dürfen annehmen, daß Erkältungen wesentlich durch intensive oder anhaltende Wärmeentziehungen von der Haut zustande kommen, die zu fühlbarer Abkühlung der Hautnerven führen. Eine direkte Schädigung der Schleimhäute des Respirationstraktus durch kalte Luft scheint gar nicht oder selten Ursache von Erkältungen dieser Organe zu sein, da das Hinaustreten aus dem 20° warmen Zimmer in kalte Winterluft bei genügendem Hautschutz keine Störung zu veranlassen pflegt. Betrachtet man die Wirkung eines Kältereizes auf die Haut, so resultiert zunächst allerdings Zusammenziehung der Blutgefäße und Anämie der Haut, aber dieser Zustand dauert nur sehr kurze Zeit; normalerweise tritt sehr rasch eine Reaktion ein: die Haut rötet sich und wir bekommen Wärmeempfindung, d. h. es haben die vom Kältereiz getroffenen Hautnerven vasomotorische Zentren zur Wiedererweiterung der Hautgefäße angeregt. In dieser Reaktion liegt vermutlich unser normaler Schutz gegen Kältewirkung; ihr ist es zu danken, daß ein eigentliches Kältegefühl in den Hautnerven gar nicht zustande kommt. In typischer Weise sehen wir einen solchen Reaktionsvorgang verlaufen z. B. bei einer kalten Übergießung des Körpers.

Nun aber können die Hautnerven durch Verweichlichung, d. h. durch Mangel an Übung erschlaffen; sie dürfen nicht für zu lange Zeit des Kältereizes und der Auslösung der Reaktion entwöhnt werden. Es tritt das besonders hervor bei solchen Körperteilen, welche für gewöhnlich bedeckt und gegen Kältewirkung geschützt gehalten werden. Während Hände und Gesicht

sich stets reaktionsfähig zeigen, vermögen die Hautnerven einer Halspartie, welche durch warme Kleidung vor Kältereizen bewahrt war, keine Reaktion zu zeigen, sobald der Hals ausnahmsweise entblößt und von kalter Luft getroffen wird. Andererseits wird die Reaktion unterstützt durch Übung der Haut, durch systematische Gewöhnung an normale Kältereize, z. B. kalte Abwaschungen. — Ferner kann durch Körperbewegung einem schädlichen Einfluß der Kältewirkung vorgebeugt werden, weil dann durch die beschleunigte Zirkulation und die Gefäßerregung der Haut mehr Wärme zugeführt und die Kälteempfindung gehindert wird. Bei Körperruhe dagegen, und besonders im Schlaf, kommt es viel leichter zu einem Versagen der schützenden Reaktion.

Eine schädliche Kältewirkung entsteht, sobald fühlbare Abkühlung der Haut eintritt. Diese Erscheinung tritt ein bei jeder zu lange anhaltenden Kältewirkung auf ausgedehntere Hautpartieen. Infolge der Hauthyperämie kommt es zu gesteigerter Wärmeabgabe, schließlich fehlt für die massenhafte Abfuhr der entsprechende Ersatz und es kommt eine fühlbare Abkühlung der Haut zustande, die dann wieder eine Kontraktion der Blutgefäße herbeiführt. — Weit häufiger kommen aber lokale Wärmeentziehungen von kleineren empfindlichen Hautbezirken aus in Betracht. Die vorerwähnten, gewöhnlich geschützten und an Kälte nicht gewöhnten Körpergegenden, ferner die peripher gelegenen Teile und namentlich die Füße, die relativ am schwersten auf normaler Wärme zu erhalten sind, können bei sonst warmem Körper eine fühlbare Abkühlung erfahren.

Eine besondere Gefahr liegt ferner dann vor, wenn vorher durch Aufenthalt bei hoher Temperatur oder durch starke Muskelarbeit Hyperämie der Haut und Schweißsekretion eingetreten war und nun bei Körperruhe stärkere teilweise Abkühlung eintritt. Unter solchen Verhältnissen pflegt die schützende Reaktion völlig zu versagen; um so leichter, je ausgiebiger der schwitzenden Haut durch Verdunstung Wärme entzogen wird. Ferner löst eine allmähliche, aber anhaltende lokale Wärmeentziehung, wie sie z. B. durch feuchte Kleidung und Schuhwerk zustande kommt, bei vielen Menschen Kältegefühl aus. Manche zeigen endlich eine besondere Empfindlichkeit gegen gleichmäßig bewegte und auf beschränkte Stellen des Körpers auftreffende kältere Luftströme und die dadurch erfolgende Wärmeentziehung („Zugluft“). Zuweilen können Neuralgien innerhalb weniger Stunden nach vorübergehender Einwirkung solcher Zugluft sich einstellen.

Sobald die Kältereize ein Erkalten der Nervenenden der Haut herbeigeführt haben, resultieren von diesen aus reflektorisch Störungen in den vasomotorischen Zentren. In welcher Weise dann die bei den katarrhalischen Krankheiten beobachteten pathologischen Änderungen der Schleimhäute zustande kommen, darüber fehlt es noch an begründeten Vorstellungen. An den sich entwickelnden Krankheitsprozessen beteiligen sich schließlich in hervorragender Weise die Mikroorganismen, welche in den normalen Sekreten vorhanden und nur gegenüber der völlig intakten Schleimhaut ohne Gefahr sind. Ausbreitung und Verlauf des Krankheitsprozesses pflegen ganz von der Art der zufällig vorhandenen Bakterien abhängig zu sein.

Diejenigen Witterungsverhältnisse, welche am leichtesten zu Erkältungskrankheiten Anlaß geben, sind: 1) heftige, kühle Winde. 2) plötzliche Temperaturschwankungen. Nicht etwa die Schwan-

kungen, die sich im Laufe eines Jahres oder eines Monats vollziehen, und denen wir durch unsere künstlichen Reguliereinrichtungen vollauf begegnen können; sondern Schwankungen, die so rasch zustande kommen, daß eine entsprechende Regulierung der künstlichen Einrichtungen zur Erhaltung der Eigenwärme, Kleidung, Heizung usw., auf Schwierigkeiten stößt. In dieser Beziehung ist nicht nur plötzlicher Abfall der Temperatur bedeutungsvoll, sondern auch plötzliche Steigerung; denn diese führt dann leicht zu einer Überhitzung des Körpers und im Gefolge davon zu einer um so leichteren Schädigung durch Abkühlung. 3) Niederschläge, welche zu Bodennässe und zur Durchnässung des Schuhzeugs, oder zur Durchfeuchtung der Kleidung und damit zu abnormer Wärmeentziehung führen.

Als besonders für Erkältungskrankheiten disponierende Klimate werden wir bezeichnen dürfen: 1) ein feuchtes tropisches Klima, in welchem es während des größten Teils des Jahres an normalen Kältereizen fehlt, und in welchem daher eine Verweichlichung der Haut zustande kommt. In solchem Klima kann eine Temperaturerniedrigung von 30° auf 24°, namentlich wenn gleichzeitig die Luft bewegt ist, schon Frostschauer und Erkältungen auslösen; 2) ein Klima, in welchem heftige kalte Winde und Niederschläge mit Bodennässe vorherrschen; 3) welches vielfache plötzliche Schwankungen der Temperatur darbietet. Zwar läßt sich schließlich allen Schwankungen durch genaue Anpassung der künstlichen Schutzvorrichtungen begegnen, und bei fehlerfreier Handhabung dieser Vorrichtungen braucht auch ein an Schwankungen reiches Klima nicht zu Erkältungen zu führen. Aber je vielseitiger der anzuwendende künstliche Apparat ist, je häufiger eingreifende Regulierungen erforderlich sind, um so leichter werden Mißgriffe und schädigende Temperatureinflüsse zustande kommen. Besonders bedenklich sind Perioden abnormer Witterung — Eintritt größerer Wärme zur Winterszeit, Rückfall von Kälte während des Sommers —, weil sie in überraschender Weise eine völlige Änderung unserer Gewohnheiten erfordern.

Die bisherigen meteorologischen Daten geben uns leider einen nur sehr unvollkommenen Aufschluß über die hygienisch interessanten Schwankungen der Temperatur. Die am sorgfältigsten registrierten Jahresschwankungen und Monatsschwankungen sind für uns nur von sehr geringem Interesse. Weit wichtiger erscheint die Veränderlichkeit der Temperatur im Laufe des Tages und die Veränderlichkeit von Tag zu Tag.

Auch diese Ausdrücke kommen aber nicht zur richtigen Darstellung, wenn nur die Mittelwerte angegeben werden. Die durchschnittliche tägliche Amplitude bewegt sich z. B. in München zwischen 4° und 9,4°; an einigen Tagen kommen dagegen Tagesschwankungen von 22—23° vor. Gerade

diese mehr vereinzelten exzessiven Schwankungen sind es aber, die uns interessieren. Ebenso müssen wir auch bei der Veränderlichkeit von Tag zu Tag die Intensität der Schwankungen unverwischt zum Ausdruck zu bekommen suchen.

Ferner sind Schwankungen von gleicher Intensität nicht gleichwertig, wenn sie in verschiedener Temperaturlage und zu verschiedener Tageszeit verlaufen. Ein Temperaturabfall von 26° auf 16° erfordert bei weitem nicht so eingreifende Änderung unserer Gewohnheiten und das Ingangsetzen so neuer Reguliervorrichtungen, wie ein solcher von 16° auf 6°; und wiederum ist die Wirkung auf den Menschen viel leichter störend, wenn die Änderung etwa zwischen Mittag und Abend, als wenn sie über Nacht sich vollzieht. Ebenso sind Schwankungen unter 0° weit weniger bedenklich, als solche, die von 0° in die Temperaturlage von + 8° bis + 10° heraufreichen; ohne sehr aufmerksame Regulierung der Kleidung und Wohnung führen diese letzteren äußerst leicht zu Überhitzung des Körpers.

Vor allem ist es aber für die Beurteilung der einzelnen Schwankung noch sehr wichtig, in welcher Weise sich gleichzeitig die übrigen klimatischen Faktoren verhalten. Es ist oben hervorgehoben, daß in erster Linie der Wind und daneben die Feuchtigkeit eine wesentliche Rolle beim Zustandekommen von Krankheiten durch exzessive Temperaturen und Temperaturschwankungen spielen. Es wäre dringend erwünscht, daß wir den entwärmenden Einfluß dieser begleitenden Faktoren in einer Weise berücksichtigen könnten, die der jeweiligen Entwärmung unseres Körpers Rechnung trägt.

E. Niederschläge; Licht; Elektrizität.

Die größten Regenmengen fallen innerhalb der tropischen Zone. Dort führt der aufsteigende warme Luftstrom enorme Mengen Wasserdampf in die höheren kälteren Luftschichten und veranlaßt massenhafte Kondensation. — Ferner sind Gebirge, ausgedehnte Waldungen und andere lokale Momente von bedeutendem Einfluß (s. Tab.).

Regenhöhen.

Cherrapoonjee (Ostindien)	12 520	mm
Maranhaeo (Brasilien)	7 100	„
Sierra Leone	4 800	„
Stye Pass (Schottland)	4 182	„
St. Maria (Alpen)	2 483	„
Chambery (Savoyen)	1 650	„
Baden (Schwarzwald)	1 444	„
Klausthal (Harz)	1 527	„
Norddeutsche Tiefebene	613	„
Würzburg	401	„
Breslau	400	„

Außer der Regenmenge wird die Zahl der Regen- und Schneetage und die Verteilung derselben auf die Jahreszeit registriert. Die

Zahl der Regentage nimmt zu mit der Erhebung über das Meeresniveau; ferner in Europa von Süden nach Norden; außerdem mit der Annäherung ans Meer.

Hygienische Bedeutung der Niederschläge. Ein direkter Einfluß liegt insofern vor, als durch die Niederschläge eine Durchfeuchtung der Kleidung, insbesondere des Schuhzeuges, bewirkt werden kann, die zu Erkältungen Anlaß gibt. — Indirekt sind die Niederschläge bedeutungsvoll einmal dadurch, daß sie einen Teilfaktor des Klimas bilden, der für die Vegetation und die Bodenkultur besonders wichtig ist. Zweitens sind stärkere Niederschläge eines der wirksamsten Reinigungsmittel für Luft und Boden, ein Einfluß, der namentlich in tropischen Ländern scharf hervortreten muß; Staub, angesammelte Fäulnisstoffe, Mikroorganismen und eventuell Infektionserreger werden fortgeschwemmt und aus dem Bereich der Menschen entfernt. Drittens können mäßige Niederschläge organisches Leben und auch die Vermehrung und Erhaltung von Mikroorganismen befördern. Viertens ist von den Niederschlägen der Feuchtigkeitsgehalt der oberen Bodenschichten und der Stand des Grundwassers abhängig. Allerdings kommt, genau genommen, nur ein gewisser Teil der Niederschläge für die Durchfeuchtung des Bodens und die Speisung des Grundwassers in Betracht; nämlich diejenige Wassermenge, welche nicht oberflächlich abfließt und auch nicht kurze Zeit nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Wie groß dieser Anteil ausfällt, das hängt einerseits von lokalen Einflüssen, von dem Gefälle der Oberfläche, von der Durchlässigkeit des Bodens, von der Temperatur, dem Sättigungsdefizit und der Bewegung der Luft usw. ab; andererseits ist die Art des Regenfalls maßgebend. Erfolgt dieser plötzlich in großen Mengen, so wird der abfließende Anteil unter den gleichen örtlichen Bedingungen viel größer, als wenn dieselbe Regenmenge langsam und stetig innerhalb eines längeren Zeitraums niedergeht. Um daher den zum Grundwasser durchdringenden Anteil aus der gemessenen Gesamtregenmenge abschätzen zu können, muß man die zeitlichen Beziehungen des Regenfalls genauer berücksichtigen.

Licht. Über die Wirkung der chemisch wirksamen Sonnenstrahlen s. S. 50. Eine Messung der Lichtintensität im Freien erfolgt bisher nur vereinzelt. Störende Einflüsse auf das Sehorgan durch Lichtmangel kommen vorzugsweise innerhalb der Wohnungen zustande; nur hier ist daher eine genauere Bestimmung der Lichtmenge erforderlich (s. Kap. Wohnung).

Über den allgemeinen Einfluß des Lichts auf belebte Wesen ist folgendes bekannt: Durch Experimente an Tieren ist festgestellt, daß sie im Licht größere Mengen Kohlensäure ausscheiden als im

Dunkel; und zwar ist der Grund dafür nicht etwa nur in einer Erregung der Retina zu suchen, sondern auch geblendete Tiere reagieren in derselben Weise. Es wird daher dem Licht eine Reizwirkung auf das Protoplasma zugeschrieben, welche den Zerfall der organischen Stoffe in der Zelle erhöht. Damit ist indes keineswegs ein Beweis dafür erbracht, daß das Licht für den tierischen Organismus ein unentbehrliches Agens ist, dessen Beschränkung zu schweren Schädigungen des Körpers führt. Kleinere und größere Tiere gedeihen in dunklen Behausungen, und ein Weniger von Licht läßt oft deutliche Nachteile nicht erkennen (Stalltiere, Pferde der Kohlengruben usw.).

Beobachtungen an Menschen liegen vor in den Berichten verschiedener Polarexpeditionen. Es wird in diesen mehrfach die grüngelbliche Gesichtsfarbe betont, welche die Mitglieder der Expedition während des Polarwinters annehmen; ferner sollen nervöse Affektionen, Verdauungsstörungen usw. auftreten. Doch ist es zweifelhaft, wieviel von diesen Symptomen auf den andauernden Lichtmangel, wieviel andererseits auf die Monotonie der Kost, der Beschäftigung usw. zu schieben ist. — Auch durch sonstige Beobachtungen an Menschen, die dem Licht wenig ausgesetzt sind (Grubenarbeiter, Kellerbewohner, die Bewohner englischer Städte während der nebligen Wintermonate) konnten erheblichere krankhafte Störungen infolge des Lichtmangels beim Fehlen anderer Schädlichkeiten bisher nicht nachgewiesen werden.

Zweifellos sprechen aber viele Erfahrungen von Ärzten und Laien dafür, daß eine größere oder geringere Lichtfülle erhebliche nervöse und psychische Einflüsse äußern kann, und daß für unsere Stimmung, unser Behagen und unser subjektives Wohlbefinden die Belichtung von allergrößter Bedeutung ist.

Eine wichtige indirekte hygienische Beziehung äußert das Licht ferner dadurch, daß es eine mächtige Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen ausübt. Durch Sonnenlicht gehen Krankheitserreger ausnahmslos binnen 3 Stunden, durch diffuses Tageslicht binnen 3—4 Tagen zugrunde. — In der Praxis darf man indes nicht viel von dieser Wirkung des Lichts erwarten, weil nur die offen zutage liegenden Krankheitserreger davon betroffen werden und genug unbelichtete Infektionsquellen in jedem Krankenzimmern vorhanden sind. Für Desinfektionszwecke ist das Licht kaum verwendbar (s. Kap. IX).

Elektrizität. Über die hygienische Bedeutung der Luftelektrizität sind wir noch ziemlich im Unklaren. Es ist indes nicht undenkbar, daß auch hier noch hygienische Beziehungen verborgen liegen.

Die elektrischen Entladungen in Form von Gewittern sind vom hygienischen Standpunkt nicht so bedeutungsvoll als vielfach angenommen wird. Todesfälle

und Verletzungen durch Blitz sind in unserem Klima außerordentlich selten; in Preußen sterben durch Blitzschlag jährlich 120 Menschen und diese Fälle machen 1 Prozent der Verunglückungen, 0·02 Prozent aller Todesfälle aus.

F. Allgemeiner Charakter von Witterung und Klima.

1. Die Witterung.

Die Witterungsverhältnisse, wie sie sich aus den meteorologischen Beobachtungen ergeben, pflegen seit lange regelmäßig mit den für die gleiche Zeitperiode erhaltenen Morbiditäts- und Mortalitätsziffern zum Zweck der Auffindung ätiologischer Beziehungen verglichen zu werden.

Sowohl die Charakteristik der Witterung, wie wir sie bis jetzt aufzustellen pflegen, wie auch die übliche Mortalitätsstatistik ist indessen für diesen Zweck wenig brauchbar.

Die meteorologischen Daten berücksichtigen zu sehr die Mittelwerte; sie lassen die Intensität der Schwankungen und das gleich-

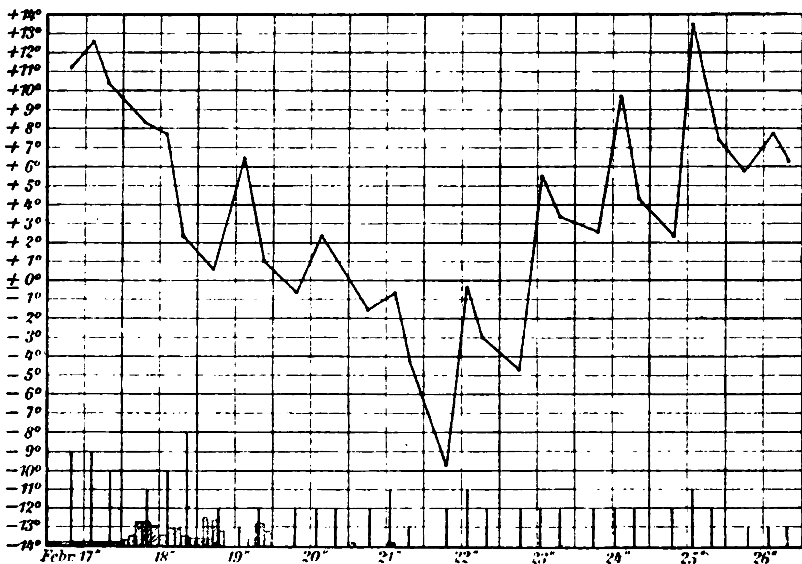


Fig. 3. Witterung vom 17.—26. Februar 1885.

zeitige Zusammenwirken verschiedener Faktoren nicht genügend hervortreten; sie geben für besonders wichtige Faktoren, z. B. die Windstärke, völlig ungenaue und unbrauchbare Werte.

Einen vollkommeneren Einblick gewähren graphische Darstellungen der Witterungsverhältnisse, welche namentlich auch die Intensität der Exkursionen aller gleichzeitig beteiligten Faktoren zur Anschauung bringen. In Fig. 3 ist die Witterung eines Teils des

Februar 1885 in solcher Weise aufgezeichnet; außer der Temperaturkurve ist die Intensität der Winde durch die Höhe der vertikalen Striche auf der untersten Linie angegeben (2·5 mm = 1 Stufe der 12stufigen Skala); ferner sind die Niederschläge eingezeichnet und zwar so, daß deren Dauer der horizontalen Ausdehnung der Schraffierung und deren Menge dem Inhalt der schraffierten Rechtecke entspricht (1 qmm = 0·1 mm Regenhöhe). Ebenso ist es je nach Bedarf leicht, noch die Zahlen für die Luftfeuchtigkeit übersichtlich einzuordnen. Aus dieser Darstellung ist leicht zu entnehmen, daß z. B. die Periode vom 17.—20. Febr. infolge schroffen Abfalls der Temperatur, heftiger Winde und anhaltender Niederschläge zu Erkältungskrankheiten besonders disponiert haben muß.

Falls die graphische Darstellung nicht anwendbar ist, kann die Methode der Auszählung der Tage nach verschiedenen Stufen der Temperaturschwankung, der Windstärke, des Sättigungsdefizits usw. zur Anwendung kommen. Für die Tagesschwankung der Temperatur unterscheidet man dann z. B. die Stufen: 0—5°, 5—10°, mehr als 10°; für die Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag die Stufen: 0—2°, 2—4°, 4—6°, 6—8° und mehr als 8°. Ähnlich stuft man Windstärke und Sättigungsdefizit ab und zählt, wie viele Tage von jeder Stufe innerhalb des untersuchten Zeitraums beobachtet wurden. Danach gestaltet sich eine Übersicht der hygienisch wichtigen Witterungsverhältnisse eines Monats ungefähr folgendermaßen:

Februar 1885.

Mittlere tägliche Temperaturschwankung 7·2°.
- Tage mit 0—2° Temperaturschw. 0
- Tage mit 2—5° Temperaturschw. 4
- Tage mit 5—10° Temperaturschw. 20
- Tage mit mehr als 10° Temperaturschwankung 4

Mittlere Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag 1·9°.
- Tage mit 0—2° Veränderlichkeit 15
- Tage mit 2—4° Veränderlichkeit 7
- Tage mit 4—6° Veränderlichkeit 4
- Tage mit 6—8° Veränderlichkeit 1
- Tage mit Niederschlägen . . . 12
- Tage mit Bodennässe 12

Mittlere relative Feucht. 76·9%.
- Tage unter 70% Feucht. . . . 6
- Tage mit 70—80% Feucht. . . 8
- Tage mit 80—90% Feucht. . . 10
- Tage mit mehr als 90% Feucht. 4

Mittleres Sättigungsdefizit 0·6 mm.
- Tage mit Nebel und 0 mm Sätt.-Def. 9
- Tage mit 0—5 mm Sätt.-Def. . 19
- Tage mit 5—10 mm Sätt.-Def. . 0
- Tage mit mehr als 10 mm Sätt.-Def. 0

Mittlere Windgeschwindigk. 9·2 m p. Sek.
- Tage mit 0—3 m Geschwindigk. 0
- Tage mit 3—6 m Geschwindigk. 4
- Tage mit 6—10 m Geschwindigk. 16
- Tage mit 10—15 m Geschwindigk. 3
- Tage mit mehr als 15 m Geschw. 5

Bei dieser Methode fehlt indes ein Einblick in die gleichzeitige, sich ergänzende Wirkung verschiedener Faktoren. Erst wenn es gelänge, mehrere bei einer hygienischen Wirkung beteiligte Faktoren, Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Windstärke usw. in ihrer Wirkung auf die

Entwärmung unseres Körpers in eine kombinierte Ziffer zusammenzufassen, wird die Auszählungsmethode wirklich benutzbar werden.

Vincent versuchte zuerst, die Hauttemperatur, die einen Maßstab für unser Temperaturempfinden liefert, aus den verschiedenen klimatischen Faktoren zu bestimmen und so eine „Temperature climatologique" zu gewinnen, die in einer Ziffer die Gesamtlage der für die Entwärmung in Betracht kommenden klimatischen Einflüsse angibt. Er stellte die Formel auf: P (Hauttemperatur) $= 26{,}5 + 0{,}3 \cdot A$ (Lufttemperatur) $+ 0{,}2 \cdot E$ (Strahlungseinfluß, Differenz zwischen Vakuum- und Luftthermometer) $- 1{,}2 \cdot V$ (Windgeschwindigkeit in m pro Sek.).

Die Beobachtungen Vincents waren indes mit mancherlei Fehlern behaftet. Neuerdings konnte die Beziehung zwischen Temperaturempfinden und Hauttemperatur genauer festgelegt werden (s. S. 46). Die Abhängigkeit der letzteren von den einzelnen klimatischen Faktoren ist aber noch nicht in ausreichender Weise ermittelt, und es gelingt daher noch nicht, eine kombinierte Ziffer für die entwärmende Wirkung der verschiedenen, gleichzeitig funktionierenden klimatischen Faktoren festzustellen. Nur die physikalischen Beziehungen zwischen Temperatur und Wind sind einstweilen so weit erforscht, daß z. B. eine Abkühlungsziffer für eine 30° warme Glaskugel binnen 5 Minuten für verschiedene Lufttemperaturen und Windgeschwindigkeiten berechnet werden kann (s. S. 29); dieselbe beträgt beispielsweise bei + 20° Lufttemp. und 2 m Windgeschw. = 1,32°, bei 12 m Wind = 3,25; bei + 10° = 3,24 bezw. 6,50°; bei ± 0° = 3,96 bzw. 9,75°. — Die Übertragung dieser Werte auf das physiologische Verhalten des menschlichen Körpers und die Einbeziehung der sonstigen wirksamen Faktoren bleibt noch weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle.

Die Verteilung der Todesfälle in Deutschland geht aus dem Diagramm Fig. 4 hervor. An demselben beobachten wir zwei Erhebungen, die allerdings im Verhältnis zur Gesamtmenge der Todesfälle nur geringfügige Exkursionen darstellen (bei durchschnittlich 100 Todesfällen beträgt das Minimum 91, das Maximum 112 Todesfälle pro Monat). Die eine, kürzere und niedrigere Erhebung fällt in den Hochsommer; die zweite, breitere in den Spätwinter resp. Frühling.

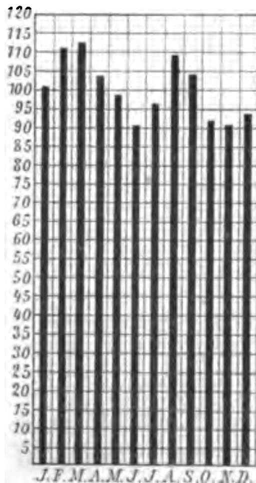


Fig. 4. Mortalität im Deutschen Reich nach Monaten.

Die Statistik weist nach, daß an der Sommerakme ganz überwiegend das kindliche Lebensalter beteiligt ist, und daß Cholera und Diarrhoea infantum in dieser Jahreszeit die weitaus größte Zahl von Todesfällen veranlassen. Außerdem zeigen Ruhr, Cholera nostras und andere infektiöse Darmerkrankungen der Erwachsenen eine ausgesprochene Sommerakme.

Die Winterakme betrifft dagegen mehr die höheren Lebensalter; und zwar sind die Krankheiten, welche im Spätwinter und Frühjahr hier so stark vermehrte Opfer fordern, hauptsächlich sog. Erkältungskrankheiten, Pneumonie, Bronchitis und Angina; ferner ist die Mortalität an Phthise bedeutend gesteigert; daneben ist eine deutliche Zunahme kontagiöser Krankheiten im Winter zu konstatieren, so der Pocken, des Scharlachfiebers und der Masern (s. nachstehende Tab.).

Unter 1000 Todesfällen an:	entfallen auf:			
	Dezbr., Januar, Februar	März, April, Mai	Juni, Juli, August	Septbr., Oktober, Novbr.
Krankheiten mit Sommerakme:				
Cholera u. Diarrhoea infantum (Berlin)	50	83	701	166
Cholera asiatica (Preußen 1848—58)	62	5	278	655
Ruhr und Darmkatarrh	20	35	750	195
Krankheiten mit Winterakme:				
Tuberkulose (Berlin 1830—39) . .	265	279	230	224
Bronchitis (Berlin 1830—39) . . .	289	344	179	187
Pleuritis (London (1849—58) . . .	314	267	188	231
Pneumonie (Bayern 1871—75) . .	311	345	165	179
Pocken (Bayern 1871—75)	299	432	176	93
„ (London 1849—58)	303	272	204	221
Scharlach (Bayern 1871—75) . . .	274	274	237	215
Masern (Bayern 1871—75)	294	275	248	183

Eine genauere Analyse der Krankheiten mit Sommerakme zeigt ferner, daß eine stärkere Beeinflussung der Kurve der gesamten Mortalität nur ausgeht von der Cholera infantum und anderen Verdauungskrankheiten der Säuglinge. Aus der Ätiologie dieser Affektionen, die im Kapitel IX ausführlich besprochen werden, sei hier nur hervorgehoben, daß zwar eine gewisse Höhe der Wohnungstemperatur für ihr Zustandekommen Bedingung ist; daß aber andererseits bestimmte Lebensgewohnheiten, mangelhafte Konservierung und Zubereitung der Milch, die endemische Verbreitung außerordentlich befördern. — Maßregeln, durch welche eine Besserung dieser schlechten Gewohnheiten herbeigeführt wird, müssen eine bedeutende Abflachung der Mortalitätskurve bewirken, trotz völligen Gleichbleibens der Witterung.

Auch die übrigen infektiösen Darmkrankheiten sind offenbar einer Einschränkung durch Sitten und Gebräuche zugänglich, wie dies z. B. bezüglich der Cholera in eklatanter Weise aus der rela-

tiven Immunität hervorgeht, deren sich die in Indien lebenden Engländer erfreuen. Immerhin wird der Sommer auch hier die disponierende Jahreszeit bleiben, weil die stärkere Wucherung von Bakterien in Nahrung und Wasser, der reichlichere Wassergenuß und andere Umstände zu dieser Zeit die verschiedensten Darmaffektionen begünstigen und vermehrte Vorsichtsmaßregeln zu ihrer Verhütung notwendig machen.

Unter den Krankheiten mit Winterakme haben die kontagiösen Krankheiten den kleinsten Anteil an der Erhebung der Mortalitätskurve. Sie werden auch nur ganz indirekt von der Witterung beeinflußt. Ihre Steigerung erfolgt vor allem durch das im Winter häufigere und innigere Zusammenleben der Menschen in den Wohnungen. Je größer der Bruchteil der Bevölkerung ist, der im Freien lebt, und je länger derselbe sich im Freien aufhält, um so weniger Gelegenheit zur Ansteckung ist gegeben, und die Chancen für die Ausbreitung wachsen um so mehr, je mehr sich das ganze Leben der Bevölkerung innerhalb des Hauses abspielt. — Außerdem werden in der kalten Jahreszeit mehr Kleidungsstücke benutzt, die Reinigung der Wäsche, des Körpers, der Wohnung usw. stößt auf größere Schwierigkeiten als im Sommer. Jede Beförderung der Unreinlichkeit muß im Sinne einer vermehrten Ausbreitung der kontagiösen Krankheiten wirken.

Die Zunahme der Todesfälle an Phthise, welche einen sehr bedeutenden Prozentsatz der gesamten Mortalität ausmachen, deutet nicht etwa darauf hin, daß die Phthise vorzugsweise im Winter akquiriert und verbreitet wird, sondern nur darauf, daß das tödliche Ende dieser Krankheit hauptsächlich in der zweiten Hälfte des Winters und im Frühjahr eintritt. Die Ursache hierfür liegt vorzugsweise darin, daß für die Phthisiker in diesen Monaten eine erhöhte Gefahr für die Akquirierung von Erkältungskrankheiten, Bronchitis, Pneumonie, gegeben ist, die bei dieser Kategorie von Kranken leicht zum Tode führen.

Daß die Erkältungskrankheiten im Winter stark gesteigert sind, ist darauf zurückzuführen, daß die launischen Schwankungen der Temperatur namentlich gegen Ende des Winters und ihr häufiges Zusammenfallen mit heftigen Winden, Bodennässe und Niederschlägen eine Steigerung dieser Krankheiten begünstigen. Ein genauerer Einblick in die ätiologischen Beziehungen und eine Abschätzung der Bedeutung der einzelnen beteiligten Faktoren ist aber, wie bereits oben hervorgehoben wurde, zurzeit schon wegen der Mängel der Registrierung nicht möglich. Die in den letzten Jahren erschienenen Zusammenstellungen von Maggelssen, Ruhemann u. a. über die Abhängigkeit der Krankheiten von Witterungsverhältnissen sind völlig unbrauchbar, weil diese Autoren ein-

seitig nur die Lufttemperatur bezw. die Sonnenscheindauer als Maßstab benutzen und ausschließlich mit Mittelwerten rechnen.

G. Das Klima.

Eine hygienisch brauchbare Charakterisierung der einzelnen Klimate stößt auf noch bedeutendere Schwierigkeiten, als die Charakterisierung einer Witterung, weil wir dazu der Mittelwerte aus mehrjährigen Beobachtungen nicht entraten können. Wenigstens muß auch hier eine Auszählung der Tage von bestimmter Variation der Temperatur, von bestimmter Windstärke usw. erfolgen, so daß die Intensität der einzelnen Schwankungen einigermaßen hervortritt Von besonderer Wichtigkeit scheint dies für die interdiurnen Temperaturschwankungen zu sein (s. Tabelle). Schon beim Ver-

Mittlere Häufigkeit von Temperaturveränderungen bestimmter Größe (in Tagen):

Um mindestens	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb.	Oktober	November	Dezember	Jahr
						Berlin.							
2°	10·8	11·2	9·2	10·1	10·3	10·6	8·6	6·8	7·6	9·3	9·4	11·0	114·9
4	2·6	2·4	1·9	1·6	2·0	3·0	1·3	0·8	0·7	1·5	1·2	3·9	22·9
6	0·7	0·7	—	0·3	0·2	0·1	—	0·1	0·1	0·1	0·1	1·3	3·7
8	0·2	—	—	—	—	0·1	—	—	—	—	—	0·3	0·6
10	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·2
						München.							
2°	15·9	12·9	12·2	12·2	13·5	14·7	15·9	11·4	8·6	10·3	13·1	13·2	123·9
4	5·0	5·4	2·7	3·6	4·3	4·8	3·7	2·5	2·3	1·9	4·3	4·3	47·8
6	3·1	1·5	0·8	0·4	1·2	0·9	0·8	0·8	0·6	0·1	1·4	1·6	12·2
8	1·3	0·6	0·3	—	0·4	0·1	0·3	0·1	0·1	—	0·5	0·7	4·4
10	0·5	0·4	0·2	—	0·2	—	—	—	—	—	0·1	0·4	1·8
12	0·2	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	0·2	0·6
14	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·3
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·1
						St. Petersburg.							
2°	18·1	15·9	14·1	10·5	12·5	10·6	8·2	6·6	7·4	9·6	12·6	16·4	142·7
4	10·1	8·7	6·3	2·9	3·4	2·3	1·4	0·9	1·4	2·3	4·5	8·3	52·6
6	5·7	4·4	2·7	0·7	0·7	0·4	0·2	0·1	0·2	0·4	1·5	3·0	20·1
8	2·9	2·2	0·9	0·1	0·1	0·1	—	—	—	0·1	0·5	1·8	8·8
10	1·3	1·1	0·2	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·8	3·8
12	0·6	0·5	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·3	1·6
14	0·3	0·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·7
16	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·2
18	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1

gleich mit der Gesamtmortalität ergibt sich hier eine Beziehung, insofern (in den preußischen Provinzen) die höchste Veränderlichkeit der Temperatur mit der höchsten Mortalität zusammengeht (Kremser).

Den so gewonnenen Ziffern haftet immer noch ein sehr großer Fehler dadurch an, daß das Zusammenwirken verschiedener klimatischer Faktoren gar nicht zum Ausdruck kommt. Mehr noch als für die Charakterisierung der Witterung würde daher für Klimaschilderungen die Aufstellung kombinierter Entwärmungsziffern angezeigt sein. — Manche Hinweise können den pflanzen- und tierphänologischen Beobachtungen entnommen werden. Diese benutzen teils das Vorkommen verschiedener Pflanzen zur Charakterisierung des Klimas, namentlich die mittleren Eintrittszeiten der Vegetationserscheinungen (Belaubung, Blüte, Fruchtreife, Laubverfärbung und Laubfall) bei verschiedenen allverbreiteten Pflanzen, z. B. Roßkastanie, Syringa vulgaris, Weinrebe usw.; teils gewisse Beobachtungen an Tieren, so das erste Rufen des Kuckuks, der Wachtel, das Kommen und Abziehen der Schwalben, der Stare usw.

Auch die Morbiditäts- und Mortalitätsstatistik der einzelnen Klimate ist noch durchaus mangelhaft. Nur wenige europäische Staaten bieten in dieser Beziehung ein einigermaßen befriedigendes Material und wir müssen uns daher einstweilen auf eine Abgrenzung und Charakterisierung weniger großer klimatischer Zonen beschränken.

1. Die tropische (und subtropische) Zone.

Charakteristik. Tropische Klimate sind ausgezeichnet durch den regelmäßigen, periodischen Ablauf der Witterungserscheinungen, während unperiodische Schwankungen und das, was wir „Wechsel der Witterung" nennen, fast völlig fehlen. — Meistens sind allerdings Jahreszeiten unterscheidbar, aber nicht sowohl nach der Temperatur, als vielmehr nach Winden und Niederschlägen. In einem Teil des Jahres herrschen die Passate und veranlassen trockenes Wetter. Mit dem Aufhören der Passate beginnt dann die Regenzeit, und zwar stellt dieser Regen eigentlich Sommerregen dar, da er in die Zeit des höchsten Sonnenstandes fällt; meistens bringt aber die Regenzeit infolge der Bewölkung eine gewisse Abkühlung zustande und daher wird diese Periode in manchen Gegenden fälschlich als „Winter" bezeichnet.

Bemerkenswert ist der Einfluß, den die tropische Regenzeit oft gegenüber der Anhäufung von Schmutzstoffen zeigt, welche während der trockenen Jahreszeit sehr hochgradig geworden zu sein pflegt. Die Bodenoberfläche wird abgeschwemmt, stagnierende Teiche und Flüsse werden mit reichlichem, reinem Wasser gefüllt, der Bezug guten Trinkwassers und die Reinigung der Kleider, der Wohnung usw. außerordentlich erleichtert. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß in dieser Weise durch die massenhaften Niederschläge der

Regenzeit an vielen Orten kontagiöse und infektiöse Krankheiten in ihrer Verbreitung gehemmt werden müssen.

Entsprechend dem Wechsel der trockenen und der nassen Jahreszeit, ferner je nach der Nähe der Meeresküste variiert die *Luftfeuchtigkeit* in den tropischen Gebieten, und da bei hoher Temperatur die Luftfeuchtigkeit zu einem äußerst einflußreichen klimatischen Faktor wird, ist die Wirkung des tropischen Klimas, je nach Art und Jahreszeit, außerordentlich verschieden. — Eine fernere Eigentümlichkeit des Tropenklimas bildet die intensive *Sonnenstrahlung*. Das Vakuumthermometer steigt auf der besonnten Bodenoberfläche bis über 80°. Innerhalb weniger Minuten kann die entblößte Haut des Europäers unter der Tropenzone rot und schmerzhaft werden.

Durch die überaus günstigen Bedingungen für organisches Leben kommt es einerseits zu doppelten Ernten; andererseits zu einer enormen Anhäufung von zersetzungsfähigem Material und zu intensiven Fäulnis- und Gärungsvorgängen. Man begegnet daher einer hochgradigen Verpestung der Luft durch Fäulnisgase, wenn nicht entweder starke Trockenheit die Zersetzungen hindert oder lebhafte Winde die Gase zerstreuen.

Wesentlich abweichende klimatische Verhältnisse bieten Höhenlagen (s. unten) und einzelne insulare Gebiete.

Krankheiten der Tropenzone.

Nach allen Erfahrungen ist die Gesamtmortalität in den Tropen — abgesehen von den eben erwähnten Ausnahmelagen — eine sehr hohe. Genauere Zahlen fehlen; angeführt sei nur nachstehend eine Tabelle über die Mortalität europäischer Truppen in den Tropen:

Unter 1000 Mann europäischer (französischer resp. englischer) Truppen starben jährlich in:

Algier 1847—46	78	Dagegen in:	
Senegal 1819—55	106	Kapland 1817—49 . . .	14
Sierra Leone 1819—36 . .	483	Neu-Seeland 1844—56 . .	9
Bengalen 1838—56	70	Kanada 1837—46	18
Britisch-Westindien 1816—46	75		

Die Steigerung der Mortalität ist vorzugsweise bedingt durch folgende Krankheiten:

Sonnenstich und Hitzschlag; schwere Formen von *Anämie* und *Leberkrankheiten*. Diese erscheinen als schwer vermeidliche Klimakrankheiten. Zweifellos kann durch die Lebensweise, insbesondere Nahrung und Beschäftigung, die Disposition erhöht bzw. verringert werden. Aber selbst bei großer Vorsicht pflegt nach einer gewissen Zeit die eine oder andere jener Krankheitserscheinungen bei den in tropische Länder Eingewanderten aufzutreten.

Malaria ist außerordentlich verbreitet und tritt vielfach in perniziöser Form auf, so zwar, daß sie unbedingt den gefährlichsten Feind des tropischen Klimas darstellt. *Ruhr* und *schwerer Darmkatarrh* fordern nächst der Malaria die meisten Opfer. *Cholera asiatica* tritt in mörderischen Epidemien auf, fordert aber nicht so viel Opfer wie die vorgenannten Krankheiten. *Cholera infantum* ist in den meisten tropischen Gebieten stark verbreitet.

Auch von Erkrankungen der Respirationsorgane ist die tropische Zone nicht frei. *Phthise* ist, mit Ausnahme der Hochplateaus und einiger sub-

tropischer Gebiete, fast überall verbreitet und tritt in relativ schwerer Form auf. Pneumonie ist in einzelnen Teilen Indiens, ferner in Unterägypten und Tunis selten, kommt aber in anderen tropischen Ländern häufig vor. Bronchitis und andere katarrhalische Erkrankungen werden in den Tropen in großer Zahl beobachtet. Nur gewisse subtropische Gegenden, wie einzelne Teile Ägyptens, der Ostküste Afrikas, Kaliforniens zeigen eine relative Imunität; ferner die Antillen und St. Helena, welch letzteres unter der Herrschaft kühler südlicher Winde steht und daher ein im Verhältnis zu der geographischen Breite sehr gemäßigtes Klima hat.

2. Die arktische Zone.

Charakteristik. Im polaren Klima tritt uns der Wechsel der Jahreszeiten in ausgesprochenster Weise entgegen.

Während des Winters fehlt die Sonnenstrahlung ganz, die Kälte ist intensiv. Auch März und April sind noch sehr kalt; erst im Mai steigt die Temperatur, und die höchste Wärme tritt im Juli-August ein. Im Herbst erfolgt langsamer Abfall der Temperatur. Selbst im Sommer fallen die Strahlen immer noch in sehr spitzem Winkel auf; trotzdem erhebt sich die Temperatur an den meisten Tagen über 0°, das geschwärzte Thermometer steigt noch in 78 ½° Breite bis 21° C. Der Sommer würde noch erheblich wärmer sein, wenn nicht so viel Wärme durch Schmelzen von Eis und Schnee absorbiert würde.

Die absolute Feuchtigkeit ist im Winter minimal; der Himmel fast stets heiter, Niederschläge sind selten. Im Sommer tritt oft Nebel ein, ebenso vielfache Niederschläge.

Der Winter bringt eine furchtbare Monotonie; überall zeigt sich das Bild vollkommener Gleichmäßigkeit, Erstarrung und Ruhe. Unter diesen psychischen Eindrücken und unter dem Einfluß des Lichtmangels werden die Menschen anfangs schläfrig und deprimiert; später reizbar. Gewöhnlich gesellen sich Dyspepsien, und bei mangelnder Abwechslung in der Kost skorbutische Erscheinungen hinzu.

Mit großer Begeisterung wird von allen Polarreisenden das erste Wiedererscheinen der Sonne geschildert. Schon mehrere Tage ehe sie selbst am Horizont erscheint wird ihr Nahen durch prachtvolle Dämmerungsfarben angekündigt.

Der Sommer bietet dann durchweg angenehme Witterungsverhältnisse. Auch die stete Tageshelle wird in keiner Weise lästig empfunden.

Krankheiten des polaren Klimas.

Die Gesundheitsverhältnisse sind im allgemeinen sehr günstig, abgesehen davon, daß in Island, Grönland usw. ein verhältnismäßig großer Teil der Bevölkerung verunglückt, beim Fischen ertrinkt, oder in Schneestürmen umkommt. Malaria, infektiöse Darmkrankheiten, vor allem Cholera infantum, fehlen so gut wie vollständig. Auch die asiatische Cholera hat in Nordamerika den 50., in Rußland den 64. Breitengrad nicht überschritten; Island, Lappland, die Färoerinseln sind bisher frei geblieben; gleichwohl liegen beschränkte Epidemien in noch höheren Breiten gewiß nicht außer dem Bereich der Möglichkeit, und daß es bisher zu solchen nicht gekommen ist, daran trägt jedenfalls die Erschwerung der Einschleppung die Hauptschuld. Auch Australien und das Kapland sind aus diesem Grunde lange von Cholera verschont geblieben.

Krankheiten der Respirationsorgane sind in Island, Skandinavien, Nordrußland usw. häufig, jedoch nicht häufiger, als in der gemäßigten Zone. Im hohen Norden zeigt die Witterung im ganzen weniger gefährliche Schwankungen als in unserem Winter und Frühjahr; und dabei sind dort die Einrichtungen und Gewohnheiten oft in zweckmäßigerer Weise auf die Bekämpfung der Kälte und den Witterungswechsel zugeschnitten.

Phthise kommt in Island, Spitzbergen, auf den Färoer- und Shetlandinseln, den Hebriden und im nördlichen Norwegen so gut wie gar nicht vor; Pneumonien sind in denselben Gebieten relativ selten. Dagegen werden in Westgrönland und Kanada Phthise und Pneumonien außerordentlich häufig angetroffen. Wodurch diese eigentümliche Differenz zwischen der östlichen und westlichen Polarregion bedingt ist, läßt sich zurzeit noch nicht sagen.

3. Die gemäßigte Zone.

Charakteristik. Weder erschlaffende Wärme, noch hemmende Kälte herrscht während des ganzen Jahres, sondern es findet ein solcher Wechsel der Jahreszeiten und ein so häufiges aperiodisches Schwanken der Witterung statt, daß einerseits intensive Kultur des Landes ermöglicht ist, andererseits scharfe Kontraste und kräftige Reize auf den Körper einwirken. Frühling und Herbst mit ihrem stets wechselnden Wetter kommen erst in dieser Zone zu merklicher Entwicklung.

Innerhalb der gemäßigten Zone findet man im übrigen außerordentlich große klimatische Differenzen. — Die stärksten Kontraste werden durch die mehr maritime oder mehr kontinentale Lage eines Landes bewirkt. Wie bereits früher ausgeführt wurde (S. 43), beobachten wir im kontinentalen Klima die stärksten Tages- und Jahresschwankungen der Temperatur; im Sommer Perioden unerträglicher Hitze, abwechselnd mit plötzlicher hochgradiger Abkühlung; im Frühjahr fortwährend schroffe Witterungswechsel; im Winter Perioden intensiver Kälte, aber auch mit Rückfällen in höhere Wärmegrade untermischt. Die Luftfeuchtigkeit ist im Sommer und Herbst gering, die Luft oft stauberfüllt; Niederschläge sind mäßig, Nebel selten.

An den Küsten begegnet man erheblich gleichmäßigeren Temperaturen. Im Sommer fehlt es ganz an den längeren Perioden stärkerer, erschlaffend wirkender Hitze; im Winter wird die Kälte weniger intensiv. Die Übergänge im Frühjahr und Herbst vollziehen sich spät, aber langsam und allmählich, ohne bedeutendere Rückschläge. Meist herrschen lebhafte Winde; das Sättigungsdefizit ist gering und die Luft rein und staubfrei. Niederschläge sind relativ häufig, der Himmel oft bewölkt; leicht kommt es zu Nebelbildung.

Auch innerhalb ein und desselben Küsten- oder Binnenlandes machen sich noch vielfache klimatische Unterschiede bemerkbar. So kann das lokale Klima wesentlich beeinflußt werden, indem durch Gebirge (Riviera) oder Waldungen ein Schutz gegen die kältesten Winde gewährt wird; indem ferner durch die Lage des Ortes an einem nach S oder SW geneigten Abhang besonders starke Insolation erfolgt; indem die Bodenbeschaffenheit selbst nach stärkeren Niederschlägen ein Trockenbleiben der Bodenoberfläche garantiert usw. — Von mächtigem Einfluß sind ausgedehntere Waldungen. Sie bewirken, ähnlich wie große Wassermassen, ein Ausgleichen der Temperatur, dadurch daß sie einer zu starken Insolation durch fortwährende Verdunstung von Wasser entgegenwirken, und einer zu starken Abkühlung durch die reichlichere Feuchtig-

keit der Atmosphäre und durch Wolken- und Nebelbildung vorbeugen. Ebenso ausgleichend wirken sie auf die Verteilung der Niederschläge. Von dem gefallenen Regen halten sie einen relativ großen Bruchteil in der oberen lockeren Bodenschicht zurück, und dieser Anteil fällt nicht einer plötzlichen, sondern einer langsamen, mäßigen Verdunstung anheim, da die Luft ein niedriges Sättigungsdefizit zeigt und die Winde nur abgeschwächt zur Wirkung kommen. Die Jahresmenge der Niederschläge ist zwar bedeutend, aber dieselben gehen allmählich und nicht mit plötzlicher Gewalt nieder, weil keine Gelegenheit zu schroffen Abkühlungen und dadurch zu starker Kondensation von Wasserdampf gegeben ist. — Außerdem hält sich die Luft innerhalb der Waldungen aromatisch und staubfrei, und bei hoher Luftwärme wird die Entwärmung des Körpers durch Abstrahlung begünstigt.

Krankheiten der gemäßigten Zone.

Die folgende Tabelle gibt eine Statistik der Sterblichkeit der verschiedenen Lebensalter für einige Länder der gemäßigten Zone. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, wie in den Ländern mit vorzugsweise *kontinentalem* Charakter des Klimas — Preußen und Österreich — vor allem die Säuglingssterblichkeit höher ist, als in den Ländern mit relativ stärkerer Küstenentwicklung. Berücksichtigt man die Todesursachen genauer (vgl. S. 60), so zeigt sich, daß *im Binnenlande* die Cholera und Diarrhoea infantum über 20 Prozent der Todesfälle ausmacht; dazu kommen zahlreiche Todesfälle an Phthise, Pneumonie und Bronchitis, die zusammen ebenfalls mehr als 20 Prozent der Gesamtmortalität betragen.

Altersklasse	Von 10000 Menschen jeder Altersklasse starben in:			
	Preußen	Österreich	Belgien	Norwegen
0—1	2177	2582	1735	1063
1—2	577	610	530	331
2—3	281	319	269	176
3—4	178	215	171	132
4—5	130	127	125	98
5—10	94	98	127	63
10—15	42	41	64	39
15—20	49	63	76	52
20—25	69	93	103	72
25—30	82	97	112	77
30—35	106	106	127	81
35—40		126	135	91
40—45	146	149	160	96
45—50		181	171	112
50—55		242	208	136

Im Küstenklima ist die Mortalität der Kinder viel geringer, weil hier die heißen Sommermonate fehlen, die allein zahlreichere Opfer an Cholera infantum fordern. Ferner tritt an den Küsten in ganz auffälliger Weise die Frequenz der Todesfälle an Phthise zurück. Während in Deutschland im Mittel von 1000 Lebenden 2,0 an Phthise sterben (in Breslau, Köln usw. 2,5), werden in Danzig, Stettin, Amsterdam, Haag, England 1,5—1,8 Todesfälle an Tuberkulose auf je 1000 Lebende gezählt. — Die klimatischen Verhältnisse, denen dieser günstige Einfluß auf die Phthise zugeschrieben werden muß, liegen vermutlich hauptsächlich in den selteneren und geringeren Schwankungen der Witterung, welche zu einer Verminderung der Erkältungen und dadurch zu günstigerem Verlauf der Phthise führen; ferner in den gemäßigten Hochsommertemperaturen, welche es gestatten, daß auch während dieser Jahreszeit an Stelle der körperlichen Erschlaffung, die der kontinentale Sommer mit sich zu bringen pflegt, reichliche Nahrungsaufnahme stattfindet und die Körperkräfte erhalten bleiben. Auch im Seeklima hat man außerdem eine Zunahme der roten Blutkörperchen, ähnlich wie im Höhenklima, beobachtet. — Völlig unrichtig ist die Vorstellung, als ob das Freisein der atmosphärischen Luft von Tuberkelbazillen von wesentlicher Bedeutung sei. Die Infektionen erfolgen fast ausschließlich innerhalb der Wohnungen und der Keimgehalt der Wohnungsluft wird von den klimatischen Differenzen kaum berührt.

Im übrigen spielen bei der Mortalität einzelner Landstriche und Städte die Erwerbsverhältnisse, Ernährung und Beschäftigung eine große Rolle. So ist in manchen Küstenländern die geringere Entwicklung industrieller Anlagen und die vorzugsweise Beschäftigung der ärmeren Bevölkerung mit Schiffahrt und Fischfang gewiß ebenfalls bei der niederen Mortalitätsziffer der Phthise beteiligt; und wiederum die hohe Sterblichkeit in Belgien zwischen dem 10. und 30. Lebensjahre durch die dortigen ausgedehnten Arbeiterdistrikte bedingt. Auch die Bauart der Häuser, die Heizeinrichtungen, die Tracht der ländlichen Bevölkerung, eine Menge von Sitten und Gebräuchen findet man nicht selten in benachbarten Teilen eines Landes sehr verschieden; und in allen diesen Momenten ist oft eher der Grund für eine lokale Steigerung oder Verminderung der Mortalität an einzelnen Krankheiten zu suchen, als in klimatischen Differenzen.

4. Das Höhenklima.

Charakteristik. In der gemäßigten Zone beginnen die Eigentümlichkeiten des Höhenklimas etwa in 400—500 m Höhe; in niederen Breitengraden jedoch erst in bedeutend größerer Höhe. An dem Aufhören der Vegetation und dem Beginn des ewigen Schnees läßt sich diese Abhängigkeit des Höhen-

klimas von der geographischen Breite am deutlichsten verfolgen; in den Anden Südamerikas erhebt sich bekanntlich die Baumregion noch bis in eine Höhe von 4000 Meter.

Die klimatischen Eigentümlichkeiten des Höhenklimas sind folgende:

Die Temperatur erfährt, während die Intensität der Sonnenstrahlung gesteigert ist (s. unten), eine Verminderung und außerdem eine Änderung, welche im allgemeinen der vom Meere bewirkten ausgleichenden Beeinflussung ähnlich ist. Für je 100 m Erhebung nimmt die Temperatur im Mittel um 0.57° ab; diese Abnahme erfolgt aber im Sommer schneller, nämlich 1° auf 160 m Erhebung; im Winter langsamer, 1° auf 280 m. Ferner nimmt die jährliche und die tägliche Temperaturschwankung mit der Höhe ab.

Die für das Höhenklima charakteristischen Verhältnisse gelten allerdings nur für die Gipfel, Rücken, Abhänge und breiten Hochtäler, nicht dagegen für größere Plateaus und für enge Hochtäler. Erstere können sehr starke Kontraste zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter bieten, namentlich wenn ihnen die Bewaldung fehlt; und die engeren Täler zeigen nachts und im Winter sehr niedrige Temperaturen, weil dann die kalte Luft in ihnen herabsinkt und dort lagern bleibt.

Die absloute Feuchtigkeit ist, entsprechend den niederen Wärmegraden, gering; die relative Feuchtigkeit meist hoch und das Sättigungsdefizit niedrig. Da aber im Freien stets lebhafter Wind herrscht und auch der geringe Luftdruck die Verdunstung erleichtert, kommt es trotzdem zu einer merklichen, stark trocknenden Wirkung der Luft. Diese wird sofort außerordentlich groß, wenn etwa durch Sonnenwirkung hohe Temperatur hergestellt wird, und ebenso in beheizten Wohnräumen. Halten sich die Menschen vorzugsweise in der Sonne und im geheizten Zimmer auf, so werden sie das dann in den zunächst umgebenden Luftschichten sich herstellende starke Sättigungsdefizit an der Trockenheit der Kleider und der unbekleideten Haut deutlich empfinden. Es kommt daher weniger leicht als im Tale zu Schweißbildung und zu fühlbarer Durchfeuchtung der Kleider.

Die Regenmenge steigt mit der Erhebung; erst in größeren Höhen nimmt sie wieder ab. Der Regen hinterläßt aber bei der fast stets vorhandenen Neigung des Terrains und bei dem starken Austrocknungsvermögen der Luft selten anhaltendere Bodennässe.

Die Luftbewegung ist lebhafter als in der Ebene; aber meist kann leicht völliger Windschutz aufgesucht werden. Bei der Trockenheit der Haut und Kleidung pflegt selbst kalter mäßiger Wind nur kräftig anregend zu wirken.

Die niedere Temperatur und der lebhafte Wind vereinigen sich, um schon in relativ geringer Höhe die Perioden der schwülen Sommermonate zu beseitigen, die so schwer auf den meisten Menschen lastet und Kranke vollends herunterbringt. Die Wärmeabgabe erfolgt vielmehr stets, auch bei reichlichster Nahrungszufuhr, außerordentlich leicht. Appetit und Stoffwechsel pflegen daher das ganze Jahr hindurch außerordentlich rege zu sein. — Außerdem führt die Herabsetzung des Luftdruckes und die Verminderung der Sauerstoffmenge der Luft zu den S. 24 geschilderten Wirkungen.

Besondere Effekte sind noch der überaus kräftigen Insolation zuzuschreiben. Die niedere Schicht der Atmosphäre, ihre große Armut an Wasserdampf, ihre Klarheit und Staubfreiheit läßt im Gebirge einen viel größeren Bruchteil der Sonnenstrahlen zur Erde gelangen als im Tale. Alle Gegenstände, welche Wärme zu absorbieren vermögen, z. B. schneefreier Boden, die Häuser,

die Kleider der Menschen usw. müssen sich daher sehr intensiv unter den Sonnenstrahlen erwärmen. In der Tat finden wir noch in großer Höhe eine ebensogroße Bodenwärme wie im Tal, während die Lufttemperatur der der Polargegenden gleichkommt. Infolge der intensiven Insolation können selbst Kranke im Winter des Hochgebirges sich dauernd im Freien aufhalten; an besonnten Plätzen fühlen sie sich warm und behaglich, während sie eine enorm kalte Luft einatmen. Dieser Kontrast scheint bei Leiden der Respirationsorgane keineswegs von ungünstiger Wirkung zu sein.

In Davos (Seehöhe 1560 m) zeigte z. B. das Vakuumthermometer am 27. Dezember:

8 Uhr	20 Min.	morgens	(vor Sonnenaufgang)	=	— 18.3°
8 „	45 „	„	. . . .	=	+ 22°
9 „	— „	„	. . . .	=	+ 30°
12 „	— „	„	. . . .	=	+ 42.4°
1 „	45 „	„	. . . .	=	+ 43°

am 25. Dezember:

12 Uhr in der Sonne = + 40°: im Schatten = — 9.1°.

Unter Umständen wird die Erwärmung noch gesteigert durch die reflektierte Wärmestrahlung, die bei Gletschern, Schnee und Wasserflächen einen sehr beträchtlichen Teil der gesamten Insolationswärme ausmacht. Mit der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen geht ferner eine außerordentlich intensive Belichtung parallel, da die Atmosphäre für die Lichtstrahlen, auch für die chemisch wirksamen, viel durchgängiger ist.

Endlich ist zu erwähnen die Reinheit und Staubfreiheit der Luft (namentlich in waldbedeckten Gebirgen), welche anregend auf die Respiration wirkt. Das oft betonte Freisein der Gebirgsluft von Mikroorganismen kann für die Ansiedelungsstätten nicht als bedeutsam anerkannt werden, ebensowenig wie die gleiche Eigenschaft der Seeluft, da sich dieses Freisein nicht auf die Luft der Wohnräume und auf die gewöhnliche unmittelbare Umgebung des Menschen erstreckt.

Krankheiten des Höhenklimas.

Dem Höhenklima wird gegen eine Reihe von verbreiteten Infektionskrankheiten relative oder vollständige Immunität nachgerühmt; nämlich gegen Cholera asiatica und andere infektiöse Darmkrankheiten, gegen Cholera infantum, gegen Malaria und gegen Phthise.

Die Verminderung bzw. das Fehlen der Cholera infantum ist durch die niederen Sommertemperaturen verursacht. Wo trotz der Höhenlage die Sommerwärme hochgradig wird, z. B. auf kahlen Plateaus und in großen Städten, findet sich oft eine höhere Kindersterblichkeit als in der Ebene. Von 10000 Kindern im ersten Lebensjahre starben z. B. in München (528 m) 3290, in Dresden 2270.

Cholera asiatica ist zwar an vielen hochgelegenen Orten noch nicht aufgetreten, doch beweist das nichts für eine Immunität des Höhenklimas, da auch in der Ebene manche Orte bis jetzt verschont geblieben sind und da die Erschwerung des Verkehrs im Gebirge die Chancen für die Einschleppung der verschiedensten Infektionskrank-

heiten sehr herabsetzt. Andererseits ist es erwiesen, daß selbst große Höhenlage vor Cholera nicht schützt, sobald nur reichliche Verkehrsgelegenheit gegeben ist; so hat die Stadt Mexiko (2200 m) seit Herstellung der Eisenbahnverbindung mit Veracruz mehrfache heftige Epidemien erlebt.

Malaria kommt in den Alpen bis zu einer Höhe von etwa 500 m vor, in Italien bis 1000 m, in den Anden bis 2500 m. Die immune Zone beginnt daher erst dann, wenn solche Herabsetzung der Temperatur eintritt, daß die Existenzbedingungen für Anophelesmücken ungünstig werden (s. Kap. IX). Gleichwohl ist die Kälte keinesfalls das einzige Moment, das im Gebirge wirksam ist; denn in der Ebene veranlassen erst erheblich niedrigere Temperaturen, ein geradezu polares Klima, die Abnahme bzw. das Aufhören der Malaria. Wahrscheinlich ist im Gebirge der Umstand mit von Einfluß, daß hier Ebenen oder muldenförmige Täler mit starker und anhaltender Bodendurchfeuchtung, wie sie für eine Entwicklung der Stechmücken erforderlich sind, höchst selten vorkommen.

Die Todesfälle an Phthise nehmen mit der Höhenlage entschieden ab. In Persien, Indien, am Harz, im Riesengebirge, in der Schweiz, den Anden und Cordilleren Amerikas konnte diese Beobachtung bestätigt werden. Auf bewaldeten Gebirgsrücken wurde schon in der Höhe von 5—600 m Abnahme der Phthise konstatiert. Aber es tritt nicht etwa volle Immunität ein, vielmehr nur ein allmähliches Geringerwerden der Mortalitätsziffer. Auch in der Schweiz finden sich in den höchst gelegenen Ortschaften noch Fälle von Phthise. Stark verwischt wird der Einfluß der Höhenlage in stark bevölkerten industriereichen Städten, wie die Beispiele von München und Bern zeigen.

Am deutlichsten tritt der Einfluß des Höhenklimas auf die Phthise in Höhen über 2000 m zutage. In den 2000—2500 m hoch gelegenen Städten (Mexico mit 350000 Einw., Puebla mit 80000 Einw., Quito mit 60000 Einw. usw.) kommt nach übereinstimmenden Berichten Phthise nur in ganz verschwindender Menge vor.

Die Erklärung für die ausgesprochene günstige Beeinflussung der Phthise werden wir darin finden müssen, daß die gleichmäßigere Witterung und die niedrigere Temperatur des Hochsommers den Ernährungszustand des Körpers in ähnlicher Weise begünstigt und vor Erkältungen schützt wie das Seeklima. Außerdem kommt vermutlich noch die Vermehrung der roten Blutkörperchen und als besonderes schützendes Moment die Vermehrung der Pulsfrequenz und die ausgiebigere Respiration in Betracht, welche unter der Einwirkung der Verminderung des Luftdrucks und des Luftsauerstoffs beobachtet werden.

Akklimatisation.

Vielfach besteht die Ansicht, daß es möglich sein müsse, den schädlichen Einflüssen eines Klimas durch allmähliche Gewöhnung des Körpers — sei es daß sich diese nur auf das einzelne Individuum, oder aber auf eine Reihe von Generationen erstreckt — zu begegnen, und daß der Mensch im Grunde befähigt sei, in jedem Klima zu leben und zu gedeihen.

Die Erfahrung hat jedoch diese Ansicht, namentlich bezüglich des arischen Völkerstammes, nicht bestätigt. Unter den extremen Klimaten kommt das arktische wenig in Frage; es ist naturgemäß selten das Ziel größerer Kolonisationsversuche. Jedenfalls scheint es relativ geringe Gefahren für die Gesundheit zu bieten; gesunde und mit guten Verdauungsorganen ausgerüstete Menschen pflegen sich dort wohl zu befinden. Auch bei einer Fortpflanzung durch mehrere Generationen tritt keine abnorme Entwicklung des Körpers zutage. Eine Grenze wird der Existenzfähigkeit des Menschen hier nur gesetzt durch die Schwierigkeit einer ausreichenden Ernährung, durch das Fehlen einer Flora und Fauna, und durch den steten Kampf mit elementaren Gewalten.

In der gemäßigten Zone und auch in den subtropischen Gebieten stößt die Kolonisation ebenfalls auf keine Schwierigkeiten. So haben wir blühende europäische Niederlassungen im südlichen Australien, in Südafrika, in Chile, Argentinien, dem südlichsten Teil von Brasilien u. a. m.

Ungleich schwieriger ist für die arischen Völker, speziell für die Bewohner des mittleren Europas, eine Besiedlung tropischer Gebiete. Zwischen dem Äquator und 15° nördlicher und südlicher Breite und in einer Höhe von weniger als 800 m vermag der Europäer keine dauernden Wohnsitze zu begründen. Schon das eingewanderte Individuum selbst pflegt kaum einen ununterbrochenen Aufenthalt von mehreren Jahrzehnten ohne manifeste Gesundheitsstörung ertragen zu können. Die in den Tropen geborenen Kinder von Einwanderern (Kreolen) sind besonders leicht vulnerabel und müssen meist für Jahrzehnte nach der Heimat oder in ausnahmsweise günstig gelegene Gegenden, Sanatorien im tropischen Hochgebirge usw., gesandt werden, falls sie zu gesunden Menschen heranwachsen sollen. In der zweiten und dritten Kreolengeneration tritt bereits eine geringere Vermehrung hervor, und schließlich bleiben die Ehen unfruchtbar. Ausnahmsweise und in relativ günstig gelegenen, namentlich gebirgigen tropischen Regionen ist es wohl zu einer längeren Nachkommenreihe und zu einer Vermehrung arischer Einwanderer gekommen; aber im allgemeinen

sind die Ansiedlungsversuche der weißen Rasse in den Tropen als fehlgeschlagen zu bezeichnen.

Die gefährlichsten Gesundheitsstörungen, durch welche diese Mißerfolge bedingt werden, sind, wie oben hervorgehoben wurde (S. 65), vorzugsweise die Tropenanämie und die dieselben begleitenden Leberaffektionen, Malaria und Dysenterie; in manchen Gegenden gesellen sich noch Gelbfieber, Beri-Beri und andere endemische Krankheiten hinzu.

Diese Klimawirkungen kommen aber nicht gegenüber allen Menschen zustande. Die eingeborene Bevölkerung zeigt zwar meist eine stärkere Gesamtmortalität, als wir in der gemäßigten Zone finden; aber trotzdem reichliche Vermehrung, kräftige Körperbeschaffenheit und ziemliche Leistungsfähigkeit. Ferner gibt es auch einige südeuropäische Völker, welche unter dem Tropenklima viel weniger zu leiden haben, und sich dort dauernd vermehren; so namentlich Spanier und Portugiesen. — Es muß von großer Bedeutung sein, festzustellen, worin diese Unterschiede in der klimatischen Wirkung begründet sind und ob nicht Aussicht vorhanden ist, daß durch Akklimatisation auch die anderen europäischen Völker eine gleiche Unempfindlichkeit sich aneignen können.

Für die hervorgehobenen Differenzen in dem Einfluß des Tropenklimas ist nun 1) angeborene Rassendisposition maßgebend. Dieselbe macht sich geltend durch eine angeborene Immunität gegen die am meisten gefahrdrohenden Krankheiten. So sind die Neger immun gegen Gelbfieber. Ferner muß in der Beschaffenheit ihres Körpers und namentlich der blutbildenden Organe ein gewisser Schutz gegen die Tropenanämie und deren Folgen gegeben sein. Diese Körperbeschaffenheit vererbt sich von Generation zu Generation, und garantiert für die Nachkommen die gleiche Existenzfähigkeit, falls dieselbe nicht durch fortgesetzte Kreuzung mit weniger geeigneten Rassen beeinträchtigt wird.

Für europäische Völker ist es bezüglich ihrer Ansiedlungsfähigkeit in den Tropen von großer Wichtigkeit, ob ihre Vorfahren sich etwa mit Einwanderern aus der tropischen oder subtropischen Zone gekreuzt und so eine Rassenimmunität erworben haben. Es ist das zweifellos der Fall bei den Maltesern, Spaniern und Portugiesen, die sich mit phönizischem und maurischem Blut gemischt haben. Diese liefern daher noch jetzt die in der warmen Zone resistentesten Kolonisten. Nordfranzosen und Deutsche, die ihre Rasse reiner erhalten haben, sind am vulnerabelsten. Besonders widerstandsfähig sollen sich die Juden erweisen.

Jedoch sind die betreffenden statistischen Belege, die in Algier, Westafrika usw. für die Resistenz der verschiedenen Rassen gesammelt sind, wenig beweisend, da dieselben gewöhnlich die verschiedene Beschäftigung und Lebensweise der verglichenen Rassen nicht berücksichtigen. In Algier z. B. sind die eingewanderten Franzosen und besonders Elsässer die eigentlichen Ackerbauer gewesen, die ins Innere des Landes vorgedrungen sind und allen Gefahren exponiert waren; die Semiten dagegen haben sich wesentlich in den Städten aufgehalten und Handel getrieben. Dabei sind sie den Gefahren des Klimas in außerordentlich viel geringerem Maße ausgesetzt als jene Kolonisten; und ein Vergleich der Sterblichkeit beider Rassen gestattet noch keinen endgültigen Schluß auf ihre Resistenz gegen die Wirkungen des Klimas.

2) Ferner kommt eine angeborene individuelle Disposition für die Lebensfähigkeit in den Tropen in Betracht. Selbst unter den Individuen eines nordeuropäischen Volkes pflegt es einige zu geben, welche eine angeborene Immunität gegen die bedeutsamsten Infektionskrankheiten besitzen, außerdem über eine im übrigen möglichst für das Leben in den Tropen geeignete Körperbeschaffenheit verfügen, und befähigt sind, sich von Tropenanämie frei zu erhalten. Magere, aber kräftige Menschen von normaler Blutfülle und Blutbeschaffenheit, mit wenig schwitzender Haut, scheinen in dieser Beziehung anämischen, hydrämischen, fetten oder leicht schwitzenden Menschen überlegen zu sein. — Derartige angeborene Eigenschaften, deren genauere Erkenntnis ganz besonders wichtig sein würde, werden durch Ehen mit weniger günstig Konstituierten sich leicht verlieren; sie können aber günstigenfalls vererbt werden, und dann zu jenen hier und da beobachteten Generationen ausnahmsweise existenzfähiger Europäer führen.

3) Bis zu einem gewissen Grade ist eine Änderung des Individuums im Sinne einer Anpassung an das Klima denkbar. Dieselbe betrifft z. B. den Ernährungszustand; fette Menschen werden durch allmählichen Fettverlust geeigneter; gewohnheitsmäßige übermäßige Nahrungs- und Getränkzufuhr kann allmählich verringert werden; und richtig ausgewählte Kost und mäßige Muskelübung vermögen bestehende Ernährungsdefekte zu beseitigen, die im kalten Klima kaum als störend empfunden werden, in den Tropen aber gefahrdrohend werden. Ferner wird allmählich die geistige und körperliche Tätigkeit weniger lebhaft, es bildet sich ein trägeres Temperament aus, bei welchem der materielle Umsatz im Körper und die Wärmeproduktion geringer ausfällt und der Wärmehaushalt erleichtert wird. Weiter ist eine erworbene Immunität gegen Infektionskrankheiten von großer Bedeutung. Nach neueren Beobachtungen kann speziell gegen Malaria eine langdauernde Immunität erworben werden, und auch Dysenterie und Cholera gewähren eine gewisse Immunität. — Eine Vererbung dieser erworbenen Körpereigenschaften scheint nicht vorzukommen.

4) Von großer Bedeutung ist das allmähliche Erlernen des hygienisch richtigen Verhaltens. Der neue Einwanderer wird in bezug auf Wohnung, Kleidung, Ernährung, Beschäftigung vielfache Fehler machen, die der ältere Kolonist vermeidet, und hierdurch wird der letztere weniger vulnerabel sein.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß eine „Akklimatisation“ in erheblicherem Umfange nicht besteht, sondern hauptsächlich auf das Erlernen der richtigen Lebensweise und auf eine geringfügige und wenig konstante zweckentsprechende Änderung des Körpers hinauskommt. Wenn behauptet wird, daß die seit längerer Zeit in den Tropen lebenden Kolonisten sich weniger vulnerabel zeigen, und daß sie dies eben der Anpassung des Körpers zu danken haben, so ist zu erwägen, ob in solchen Fällen nicht vielmehr eine Auslese von Individuen vorliegt; die von vornherein weniger gut geeigneten Kolonisten erliegen bald, oder sind gezwungen, andere Klimate aufzusuchen; die von Anfang an körperlich besser Disponierten überdauern jene und zeigen auch bei längerem Aufenthalt eine relativ geringere Vulnerabilität. — In der Mehrzahl der Fälle wird aber ein günstiger Einfluß des verlängerten Aufenthalts im Tropenklima überhaupt nicht wahrgenommen. So hat man in den meisten englischen Kolonien die Erfahrung gemacht, daß die Mortalität der Truppen sich bedeutend verminderte, wenn die Mannschaften rasch wechselten und nicht über drei Jahre in den Kolonien blieben.

Der wichtigste Faktor für eine erfolgreiche Kolonisation in den Tropen ist daher zweifellos in der Rassendisposition gegeben. Wo diese fehlt, kann die angeborene individuelle Disposition nach Möglichkeit berücksichtigt werden, und die Kolonisten müssen von Anfang an auf eine möglichst sorgsame Durchführung der erprobten hygienischen Maßregeln achten. Von größter Bedeutung ist die Tilgung der Seuchen, insbesondere der Malaria in den Kolonialgebieten nach den im Kap. „Parasitäre Krankheiten“ dargelegten Grundsätzen. Durch die auf der neueren Erforschung dieser Krankheiten beruhenden Maßnahmen können in Zukunft Gebiete besiedlungsfähig werden, die bisher für das Bewohnen von Europäern als völlig ungeeignet gelten mußten. Unter solchen Kautelen wird, selbst wenn auch von einer „Akklimatisation“ wenig zu erwarten ist, mindestens doch die Leitung tropischer Kolonien durch Europäer ausführbar sein.

Literatur: a) Methoden: Jelinek, Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen, Wien 1876. — Flügge, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden, Leipzig 1881. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, Wiesbaden 1890.

b) Meteorologie und Klimatologie: HANN, Handbuch der Klimatologie, 1883. — SUPAN, Grundzüge der physischen Erdkunde, 2. Aufl. 1895. — WOEIKOFF, Die Klimate der Erdkunde. Nach dem Russischen. 2 Bände. 1887. RATZEL, Anthropogeographie, 1882. — VAN BEBBER, Hygienische Meteorologie, 1895. — ASSMANN, Das Klima, im „Handb. der Hygiene", 1894.

c) Hygienischer Einfluß von Witterung und Klima: RENK, Die Luft, im Handbuch der Hygiene von v. PETTENKOFER und v. ZIEMSSEN. — HIRSCH, Handbuch der historisch-geographischen Pathologie, 2. Aufl. 3 Bde. 1881—87. — WEBER, Klimatotherapie in v. ZIEMSSENS Handb. der Allgem. Therapie, 1880. — RUBNER, Lehrbuch der Hygiene. 6. Aufl. 1900. — RUBNER u. WOLPERT im Arch. f. Hygiene. — FLÜGGE, HEYMANN in d. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 46, 49.

d) Akklimatisation: VIRCHOW, Über Akklimatisation, Vortrag a. d. Naturf.-Vers. in Straßburg, 1885. — MÄHLY u. TREILLE, Referate auf d. hyg. Kongreß in Wien, 1887. — SCHELLONG, Akklimatisation und Tropenhygiene, im „Handb. d. Hygiene", 1894.

Zweites Kapitel.

Die gas- und staubförmigen Bestandteile der Luft.

I. Chemisches Verhalten.

Die chemische Beschaffenheit der Luft ist für den menschlichen Körper von großer Bedeutung, weil zwischen beiden ein inniger Wechselverkehr besteht. Der Mensch atmet täglich etwa 10 cbm Luft ein und führt deren Gase teilweise ins Blut über; die gleiche Menge wird, beladen mit allerlei Exkreten, durch Lungen und Haut ausgeatmet. In ähnlicher Weise wird die Beschaffenheit der Außenluft durch die Atmung der Tiere und Pflanzen, durch Fäulnis- und Gärungsprozesse, durch Verbrennungen usw. verändert. Es fragt sich, welchen Grad diese Veränderungen allmählich innerhalb der freien Atmosphäre und im Wohnraum erreichen und welche Schädlichkeiten dem Körper eventuell daraus erwachsen können.

Untersucht man die atmosphärische Luft, so findet man im Mittel etwa 20·7 Prozent Sauerstoff; 78·3 Prozent Stickstoff (O:N = 20·9:79·1); eine kleine Menge Argon; wechselnde Quantitäten, im Mittel etwa 1 Prozent Wasserdampf; ferner kleine Mengen Kohlensäure; Spuren von Ozon, Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak, Salpetersäure, salpetriger Säure; zuweilen auch schweflige Säure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe usw.

Im folgenden sind die quantitativen Schwankungen und die hygienische Bedeutung dieser verschiedenen Bestandteile zu erörtern. Bezüglich des Wasserdampfs, der vorzugsweise als klimatisches Element eine Rolle spielt, muß auf das vorhergehende Kapitel verwiesen werden.

1. Der Sauerstoff.

Derselbe wird überall in der Atmosphäre in der gleichen prozentischen Menge gefunden; die Schwankungen des Gehalts betragen in maximo 0.5 Prozent; die niedrigsten Zahlen treten bei südlichen Winden und nach anhaltendem Regen auf. Für gewöhnlich zeigt die Luft selbst in Fabrikstädten kaum meßbare Unterschiede gegenüber der Land- und Waldluft.

Der Grund dieser Konstanz liegt darin, daß der Vorrat der Atmosphäre an Sauerstoff ein ganz enormer ist. Wenn auch in dem Maße, wie es jetzt geschieht, fortgesetzt Sauerstoff durch Verbrennung und Atmung verbraucht und zur Bildung von CO_2, H_2O usw. verwandt wird, und wenn aus allen diesen Verbindungen der O nicht nachträglich wieder frei wird, so müssen doch etwa 18000 Jahre verfließen, bis der O-Gehalt um 1 Prozent abnimmt. Ein wesentlicher Teil des zu Oxydationen verwandten Sauerstoffs wird aber bekanntlich durch die Chlorophyll führenden Pflanzen wieder in Freiheit gesetzt, so daß tatsächlich die Abnahme noch erheblich langsamer erfolgt. — Außerdem sorgen für eine stets gleichmäßige Verteilung des Sauerstoffs und der anderen Gase die Winde, die fortgesetzt ein kräftiges Umrühren und inniges Mischen der Luft bewirken.

Auch infolge des Sauerstoffkonsums innerhalb bewohnter Räume werden nur geringe Abweichungen von der Norm beobachtet; die vorkommenden Schwankungen sind als hygienisch bedeutungslos anzusehen. Die absolute Menge des eingeatmeten Sauerstoffs wird dagegen in erheblichem Grade vermindert bei abnehmendem Luftdruck (S. 24), in geringerem Grade auch bei höherer Temperatur und der damit parallel gehenden Ausdehnung der Luft, ohne daß jedoch die Größe dieses Ausfalls an Sauerstoffzufuhr Symptome veranlassen könnte.

Eine Bestimmung des Sauerstoffgehalts der Luft ist daher äußerst selten im hygienischen Interesse wünschenswert. Die Ausführung hat eventuell nach den Vorschriften und unter den üblichen Kautelen der Gasanalyse zu erfolgen.

Der Stickstoff der atmosphärischen Luft hat keinerlei Funktion im tierischen oder pflanzlichen Körper; er stellt nur ein indifferentes, den Sauerstoff gleichsam verdünnendes Agens dar, das hygienisch bedeutungslos ist. Die gleiche Indifferenz scheint dem Argon zuzukommen.

2. Ozon und Wasserstoffsuperoxyd.

Beiden Körpern ist ein sehr energisches Oxydationsvermögen eigen, und sie machen daher zusammen die sogenannte „oxydierende Kraft" der Luft aus.

Das Ozonmolekül wird aufgefaßt als ein Sauerstoffmolekül, welchem noch ein drittes Sauerstoffatom angelagert ist (O_3). Es ist ein farbloses Gas von eigentümlichem Geruch, das in reinem Zustande noch nicht erhalten wurde, sondern höchstens mit relativ viel gewöhnlichem Sauerstoff gemengt. In Wasser ist es nur in Spuren löslich. Bei höherer Temperatur, bei Berührung mit den verschiedensten oxydablen Stoffen wird es zersetzt.

Das Ozon der Atmosphäre entsteht durch elektrische Entladungen (Gewitter); bei allen in größerem Umfange ablaufenden Oxydationsprozessen; ferner bei Verdunstung von Wasser. In beiden letzten Fällen entsteht gleichzeitig Wasserstoffsuperoxyd, bei der Verdunstung sogar in stark vorwiegender Menge, wenn nicht ausschließlich. — Künstlich läßt sich Ozon am reinsten darstellen, wenn man im RÜHMKORFFschen Apparat elektrische Schläge durch Luft oder Sauerstoff leitet; ferner durch langsame Oxydation von Phosphorstücken, die zur Hälfte in Wasser eintauchen; oder indem man einen erhitzten Platindraht in Ätherdampf bringt (Prinzip der DÖBEREINER-JÄGERschen Ozonlampe), oder dadurch, daß man gepulvertes Kaliumpermanganat allmählich mit Schwefelsäure versetzt.

Unter den Eigenschaften des Ozons ist sein kräftiges Oxydationsvermögen am bemerkenswertesten. Farbstoffe werden durch Ozon zerstört, Metalle oxydiert, Schwefelmetalle in Sulfate, gelbes Blutlaugensalz in rotes übergeführt. Organische Körper aller Art, Staub, Verunreinigungen der Luft werden gleichfalls oxydiert und bewirken damit Zerlegung des Ozons.

Zur Bestimmung des atmosphärischen Ozons benutzt man gewöhnlich Jodkaliumstärkepapiere, welche 24 Stunden an einem gegen Sonnenlicht geschützten Orte der Luft exponiert, dann befeuchtet und mit einer 16stufigen Farbenskala verglichen werden.

Diese Art der Messung ist durchaus ungenau; vor allem besteht der Fehler derselben darin, daß das Reagenzpapier die summierte Wirkung aller Ozonteilchen anzeigt, die in 24 Stunden darüber gestrichen sind, daß also der Reaktionsgrad wesentlich abhängig ist von der Intensität der Luftbewegung, während der Gehalt der Luft an Ozon, der Konzentrationsgrad, geprüft werden soll. — Es kann dieser Fehler dadurch eliminiert werden, daß man das Papier in einer sog. Ozonbüchse einem Luftstrom von konstanter Geschwindigkeit aussetzt. Aber auch dann sind immer noch zahlreiche Ungenauigkeiten vorhanden; insbesondere ist auch die Luftfeuchtigkeit von erheblichem Einfluß auf das Resultat.

Der Eifer, mit welchem trotz der Unvollkommenheiten der Methoden Ozonmessungen betrieben sind, muß zu der Vermutung führen, daß dem Ozon eine erhebliche **hygienische Bedeutung** zukommt. Eine solche ist indessen nicht nachgewiesen. Halten sich Menschen in einer künstlich stark ozonhaltig gemachten Zimmerluft auf, so treten Schläfrigkeit und Symptome einer Reizung der Respirationsschleimhaut ein. Bei noch stärkerem Ozongehalt kommt es zu Glottiskrampf und sehr heftiger Reizung der Schleimhäute. Von kleineren, aber im Vergleich zum Gehalt der Atmosphäre immerhin bedeutenden Ozonmengen haben Unbefangene keinerlei Empfindung. Auf der Haut machen selbst stärkste Konzentrationen keinerlei Eindruck.

Wenn sonach eine direkte Wirkung des in der Luft enthaltenen Ozons auf den Menschen bestritten werden muß, so hat man doch einen indirekten hygienischen Einfluß vermutet darin, daß das Ozon vielleicht Mikroorganismen und speziell Infektionserregerzu töten vermag. Auch das hat sich indes nicht bestätigt. Erst bei einem Gehalt von 2 mg Ozon im Liter beginnt nach 48 Stunden eine Schädigung von wenig resistenten Bakterien; gegenüber resistenteren erst bei einem Gehalt von 14 mg Ozon im Liter. In der atmosphärischen Luft werden dagegen im Mittel nur 2 mg in 100 Kubikmeter, in maximo 2 mg in 1 cbm Luft (also 1000—100000mal zu wenig) gefunden.

Auch aus der zeitlichen und örtlichen Verteilung des atmosphärischen Ozons, soweit diese durch die bisherigen unsicheren Messungen ermittelt wurde, läßt sich nichts entnehmen, was für eine hygienische Bedeutung des atmosphärischen Ozons spräche. Am wenigsten beobachtete man im Herbst, bei trockenen Nord- und Nordostwinden, bei Windstille (z. B. vor Gewittern); die größten Mengen im Frühjahr, bei feuchter bewegter Luft, nach Gewittern, bei Schneefall. — Örtliche Steigerung findet sich in Wäldern, am Meer, auf Bergen usw. In den meisten größeren Städten (Paris, London, Boston, Prag usw.) war in der Straßenlust bzw. in bewohnten Räumen kein Ozon nachweisbar. Schon diese letzte Beobachtung spricht dafür, daß keine irgend erhebliche Einwirkung auf die Gesundheit durch den Ozongehalt der Luft zustande kommt.

Auch statistische Vergleiche zwischen den Resultaten der Ozonmessung und dem Auftreten von Infektionskrankheiten hatten kein positives Ergebnis.

Nur insofern ist ein Ozongehalt der Luft von Bedeutung, als derselbe anzeigt, daß die Luft frei von allem organischen Staub, übelriechenden Substanzen usw. ist, da diese alle das Ozon rasch zersetzen und neben Ozon nicht vorkommen können. Diese Reinheit der Luft beeinflußt den Respirationstypus und von da aus vielleicht andere körperliche Funktionen; aber das Wesentliche ist dabei nicht der Ozongehalt, der unter Umständen auch $\doteq 0$ sein kann, sondern das Fehlen jener störenden Beimengungen bzw. das Vorhandensein aromatischer, die Atmung anregender Substanzen (Wald-, Wiesenluft).

Das in der Atmosphäre enthaltene Wasserstoffsuperoxyd, H_2O_2, entsteht durch dieselben Prozesse wie das Ozon, meist aber in viel größeren Mengen als dieses. — Die oxydierende Kraft des H_2O_2 ist nicht so groß wie die des Ozons; Jodkalium wird langsamer zerlegt, Indigo wird nur allmählich entfärbt. Die Oxydationen erfolgen indeß momentan, wenn einige Tropfen Eisenvitriollösung zugefügt werden. Ferner vermag H_2O_2 auch reduzierend zu wirken ($H_2O_2 + O = H_2O + O_2$), z. B. auf Kaliumpermanganat, Ferrizyankalium.

Das atmosphärische H_2O_2 ist leichter nachweisbar als das Ozon, weil es sich in den Niederschlägen löst und dort gleichsam gesammelt wird; man untersucht also diese oder bewirkt künstliche Taubildung. — Im Mittel findet man in 1 Liter Niederschlag 0.2 Milligramm; in Schnee und Hagel sehr wenig, am meisten im Juni und Juli und bei westlichen Winden.

Hygienische Bedeutung scheint dem atmosphärischen Wasserstoffsuperoxyd nicht zuzukommen. Die betreffenden Konzentrationen sind sowohl auf den Menschen wie auf Mikroorganismen ohne Wirkung.

3. Kohlensäure.

Als **Quellen** der atmosphärischen CO_2 kommen in Betracht: a) Die Atmung der Menschen und Tiere; ein Mensch liefert pro Tag ca. 1000 gr; die Ausatmungsluft enthält 4 % CO_2. b) Die Fäulnis- und Verwesungsprozesse, die namentlich im gedüngten Boden in großem Umfang verlaufen. c) Die Verbrennung von Brennmaterial, besonders in Industriebezirken. d) Unterirdische CO_2-Ansammlungen, die sich eventuell nach Bergwerken öffnen (matte Wetter) oder durch Erdspalten und Vulkane ausströmen.

Der fortlaufenden Produktion steht eine ausgiebige Fortschaffung der CO_2 aus der Luft gegenüber, und zwar erfolgt diese: a) Durch die grünen Pflanzen, die im Tageslicht CO_2 zerlegen. b) Durch die Niederschläge, welche im Mittel 2 ccm CO_2 in 1 Liter enthalten. c) Durch die kohlensauren Salze des Meerwassers.

Außerdem sorgen die Winde für eine gleichmäßige Verteilung der vorhandenen CO_2, so daß wir im Freien nur geringe Schwankungen, zwischen 0·2 und 0·55 pro mille, im Mittel 0·3 pro mille, beobachten. Den höchsten Gehalt findet man im Innern größerer Städte zur Winterszeit. Eine geringfügige Steigerung ist in Wäldern, bei windstillem Wetter in Industriebezirken, ferner bei Moorrauch wahrzunehmen. Die zeitlichen Schwankungen fallen ähnlich aus.

Weit höher, bis 1, 2, ja 10 pro mille, kann der CO_2-Gehalt innerhalb der Wohnungen steigen, wo die Menschen und Leuchtmaterialien reichlich CO_2 liefern, ohne daß eine kräftige Luftbewegung ausgleichend eingreifen kann.

Bestimmung der Kohlensäure. Zur genaueren quantitativen Bestimmung füllt man die zu untersuchende Luft in eine Flasche von bestimmtem Volum und läßt in dieselbe eine gemessene Menge Barytwasser oder besser Strontianwasser einfließen. Das Strontianwasser absorbiert die CO_2, trübt sich durch Strontiumkarbonat und enthält dann weniger alkalisch reagierendes Strontiumhydrat als vorher. Der Ausfall an Strontiumhydrat läßt sich durch Titrieren mittels einer Säure von bekanntem Gehalt leicht quantitativ ermitteln und gibt einen Maßstab für die Menge CO_2, welche in dem abgemessenen Luftquantum enthalten war und auf das Strontiumwasser eingewirkt hatte.

Approximativ läßt sich die CO_2 der Luft in der Weise bestimmen, daß durch eine kleine Flasche mit Sodalösung, welche mit einigen Tropfen Phenolphtaleïnlösung versetzt und dadurch rot gefärbt ist, die zu untersuchende Luft hindurchgeleitet wird, bis Entfärbung auftritt. Je mehr Luft dazu erforderlich ist, um so geringer ist ihr CO_2-Gehalt. (Vgl. den Anhang.)

Hygienische Bedeutung der Kohlensäure der Luft. Ein direkt schädlicher Einfluß der in der Luft enthaltenen CO_2-Mengen kann nicht angenommen werden. Die CO_2 wirkt erst in großen Dosen giftig; ein Gehalt der Luft von 1 Prozent kann für längere Zeit, ein solcher von 5 Prozent vorübergehend ohne Schaden ertragen werden. Auch wenn gleichzeitig Verminderung des Sauerstoffgehalts zustande kommt, also wenn z. B. die CO_2 durch Verbrennung oder Atmung in einem geschlossenen Raum gebildet ist, muß der CO_2-Gehalt um mehrere Prozent steigen, der O-Gehalt um mehrere Prozent sinken, ehe deutliche krankhafte Symptome auftreten; der Tod erfolgt etwa bei 14 %, wenn reichlich O vorhanden ist, sogar erst bei 40 %.

Trotzdem ist durch vielfache Erfahrung festgestellt, daß freie Luft von mehr als 0·4 pro mille CO_2, wie sie stellenweise in Städten, Industriebezirken oder bei Moorrauch vorkommt, lästig fällt und daß namentlich in Wohnungsluft von mehr als 1 p. m. CO_2 häufig Belästigungen und auch Gesundheitsstörungen auftreten.

Diese Wirkungen können nach dem oben Gesagten nicht durch die CO_2 direkt veranlaßt sein, sondern müssen auf andere Eigenschaften der betreffenden Luft zurückgeführt werden, die im folgenden genauer zu erörtern sind, und mit denen der Kohlensäuregehalt vielleicht so weit parallel geht, daß er uns einen Maßstab für die Beurteilung der Luft liefern kann.

4. Sonstige gasförmige Bestandteile der Luft.

a) Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffe.

Kohlenoxydgas gelangt in die freie Atmosphäre z. B. mit den Gichtgasen der Hochöfen, mit dem Schornsteinrauch usw., jedoch ohne daß nachweisbare Mengen sich in der Luft halten. — Im Wohnraum kann es in solchen Mengen, daß Vergiftungen entstehen, der Luft beigemengt werden durch ausströmendes Leuchtgas und durch Eindringen von Heizgasen (s. Kap. VII); in sehr kleiner, nicht nachweislich schädlicher Menge durch Leuchtflammen, Zigarrenrauch usw.

Nachweis: 5—10 Liter der zu untersuchenden Luft werden in einer Flasche mit 10 ccm verdünnten Bluts (1 : 300) geschwenkt; das Blut wird spektroskopisch untersucht. — Oder man schwenkt die Luft mit 20 ccm einer 20prozentigen Blutlösung und versetzt letztere 1. mit Ferrozyankaliumlösung und

Essigsäure; in CO-Blut tritt vorübergehend ein rotbrauner, in gewöhnlichem Blut ein grauer Niederschlag auf; 2. mit der dreifachen Menge einer 1prozentigen Tanninlösung: es bildet sich ein Niederschlag, der allmählich bräunlichrote Farbe annimmt und dauernd behält.

Kohlenwasserstoffe entstehen in größerer Menge in Sümpfen, Morästen, Kohlengruben usw.; ferner sind sie als Produkte unvollkommener Verbrennung im Schornsteinrauch enthalten. In Wohnräume gelangen sie event. mit letzterem, mit Tabaksrauch usw. Feinere Nachweismethoden fehlen. Direkte Gesundheitsstörungen scheinen von dem unter gewöhnlichen Verhältnissen auftretenden Gehalt der Luft nicht auszugehen.

b) Chlor, Salzsäure, schweflige Säure, salpetrige Säure.

Chlor findet sich spurenweise in der Luft im Freien in nächster Nähe von Chlorkalkfabriken, Chlorbleichen usw. Salzsäure in der Nähe von Steinguttöpfereien, Sodafabriken usw. Schweflige Säure (und Schwefelsäure) entstammt vor allem dem S-Gehalt der Kohlen (im Mittel 1·7 Prozent) und findet sich daher reichlich in der Luft von Industriestädten; in Manchester in 1 cbm 2·5 mgr. Ferner liefern die Röstöfen der Hütten große Mengen SO_2, ebenso Alaunfabriken, Ultramarinfabriken, Hopfendarren usw. — Salpetrige Säure (bezw. Salpetersäure) findet sich in kleinster Menge fast stets in der freien Luft und entsteht z. B. in der Form von Ammoniumnitrit aus dem Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf der Luft bei elektrischen Entladungen. In den Niederschlägen beobachtet man 0·4—16 mg in 1 Liter.

In der Wohnungsluft findet sich von diesen Gasen häufiger nur salpetrige Säure, und zwar in kleinen Mengen als Produkt der Leuchtflammen (Gasbeleuchtung, s. Kap. VII). Die anderen Gase und auch salpetrige Säure kommen in meßbarer und die Gesundheit gefährdender Menge höchstens in Fabrikräumen vor (s. Kap. VIII).

Der Nachweis dieser Gase erfolgt dadurch, daß man größere Volumina Luft durch Kalilauge (bei Cl-Verdacht durch Jodkaliumlösung) streichen läßt und in letzterer nach den üblichen Methoden die absorbierten Gase titrimetrisch bestimmt.

c) Schwefelwasserstoff, Merkaptane, Schwefelammonium, Ammoniumkarbonat, flüchtige Fettsäuren und andere übelriechende Gase

entstehen namentlich bei Fäulnisprozessen. Die Luft im Freien kann manche dieser Gase aus Morästen und aus größeren Fäulnisherden (Fäkaldepots, Düngerhaufen, Poudrettefabriken, Abdeckereien usw.) aufnehmen. In die Luft der Wohnräume gelangen Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium von Aborten, Gruben und Kanälen aus;

flüchtige Fettsäuren und andere riechende Gase vorzugsweise durch die Ausdünstung der Menschen, Merkaptane durch den Küchendunst beim Kochen von Kohl usw.

Einige dieser Gase lassen sich leicht chemisch nachweisen; so der Schwefelwasserstoff durch Bleipapier. Allerdings ist der Geruch ein noch viel feineres Reagens; in 50 ccm Riechluft werden beispielsweise noch $^1/_{5000}$ mg Schwefelwasserstoff und gar $^1/_{460000000}$ Merkaptan erkannt. — Die nicht durch chemische Analysen definierbaren flüchtigen organischen Stoffe, die sich an den üblen Gerüchen von Fäulnisherden und von unreinlichen oder kranken Menschen beteiligen, hat man mit sehr verdünnter Chamäleonlösung zu bestimmen versucht, die durch organische Stoffe entfärbt wird (s. „Trinkwasseruntersuchung"). Die Methode ist aber zu einer Beurteilung der Luft nicht verwendbar, da solche Gase, welche nicht übelriechend sind und weder von Fäulnisherden noch von der Ausdünstung des Menschen herrühren, wie z. B. Schornstein-, Tabakrauch usw., gerade die stärksten Ausschläge geben.

Manche übelriechende Gase, so Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, sind heftig wirkende Gifte. Aber ihre Menge in der Luft der üblichen Wohnungen ist nie so groß, daß Giftwirkungen entstehen könnten, während man solche in Abortgruben, Kanälen usw., wo stärkere Konzentrationen sich angesammelt hatten, wiederholt beobachtet hat. Von den durch Zersetzungsvorgängen auf der Haut und den Schleimhäuten des Menschen entstandenen übelriechenden Gasen hat gleichfalls eine toxische Wirkung nicht beobachtet werden können. Derartige Gerüche, die in besonders hohem Grade z. B. von Menschen mit Schweißfüßen oder mit kariösen Zähnen oder von Karzinomkranken geliefert werden, erzeugen bei demjenigen, der den übelriechenden Raum betritt, leicht Ekel, Widerwillen, Brechneigung; dagegen reagieren die Insassen eines solchen Raumes, die von Anfang an mit den Geruch liefernden Personen zusammen waren, so daß die gleichmäßig steigende Ansammlung der Gase eine Geruchsempfindung nicht auslösen konnte, gewöhnlich in keiner Weise; ebensowenig diejenigen, bei welchen durch Schnupfen, künstlichen Verschluß der Nase und dergl. die Geruchsempfindung ausgeschaltet ist. — Bei vielen Menschen findet außerdem eine weitgehende Gewöhnung an solche Gerüche statt; namentlich in den unteren Volksschichten begegnet man einer solchen Gleichgültigkeit gegen üble Gerüche, daß viele an ihrem Körper, in ihren Kleidern und in ihrer Wohnung dauernd eine übelriechende Luft unterhalten, ohne davon irgend belästigt zu werden. Von einer toxischen Wirkung solcher Gerüche kann daher nicht die Rede sein; wohl aber erzeugen sie bei einem Teil der Menschen starke Belästigung durch Ekelempfindung und sind aus diesem Grunde zu beanstanden.

Vollends unbegründet ist die früher verbreitete Anschauung, als ob manche infektiöse Krankheiten (Malaria, Typhus) auf die Einatmung schlechter Luft und riechender Gase, sogenannter Miasmen, zurückzuführen seien. Auch ein flüchtiges Gift kann nur Intoxikation, aber keine Infektion bewirken; diese hervorzurufen sind ausschließlich lebende Organismen befähigt (vgl. Kap. IX). Auch für die Malaria, welche früher als exquisiteste miasmatische Krankheit angesehen wurde, ist nachgewiesen, daß sie nur durch vermehrungsfähige Organismen verbreitet wird.

Infolge der falschen Vorstellung von der Wirkung der Miasmen sehen viele Ärzte noch heute in üblen Gerüchen die Ursache von Infektionen. In der Tat besteht ein Zusammenhang zwischen Infektionserregern und stinkenden Gasen, aber nur ein ganz entfernter und lockerer. Die Infektionserreger selbst produzieren bei ihrem Wachstum keine oder wenig intensive Gerüche; stärker riechende Gase deuten stets auf die Anwesenheit von lebhaft wuchernden Saprophyten, welche der gleichzeitigen Ansiedlung pathogener Organismen meist feindlich sind und diese schwer aufkommen lassen. Riechende Gase werden ferner am stärksten von flüssigen und feuchten, eine rege Lebenstätigkeit der Bakterien gestattenden Substraten geliefert; von diesen aus verbreiten sich aber mit Luftströmungen keine Organismen; sondern erst dann, wenn die Substrate austrocknen und das Bakterienleben und die Produktion übelriechender Gase abnimmt bezw. aufhört, ist die Gefahr vorhanden, daß in die Luft Mikroorganismen übergehen. Es ist also entschieden unzulässig, üble Gerüche als direkte Ursache einer Infektion aufzufassen, und den Ausbruch einer Infektionskrankheit mit dem Hinweis auf irgendwelche Fäulnisgase u. dgl. zu erklären.

Man hat auch wohl die Ansicht geäußert, daß durch die Aufnahme unreiner Luft eine individuelle Disposition zu Infektionskrankheiten geschaffen werde. Weder experimentell noch statistisch sind aber in dieser Richtung Tatsachen ermittelt, welche einwandfrei auf eine solche vorbereitende Rolle der genannten Gase gedeutet werden dürften. Dagegen machen wir bei zahlreichen Individuen die Erfahrung, daß selbst langdauernde Einatmung verunreinigter Luft keine gesteigerte Empfänglichkeit für Infektionskrankheiten hinterläßt, falls die sonstigen Lebensbedingungen, Ernährung usw. günstig sind.

Zweifellos sind aber die Fäulnisgase häufig Symptome einer ungenügenden Reinlichkeit in bezug auf Haut, Kleidung, Wohnung, Boden usw.; und da wir wissen, daß durch peinliche Reinlichkeit auch eine Entfernung vieler Infektionserreger gelingt, daß dagegen da, wo Schmutz- und Abfallstoffe sich häufen auch keine genügende Beseitigung eventuell vorhandener Infektionserreger erfolgt ist, so deutet insofern übelriechende Luft indirekt auf Begünstigung der Infektionsgefahr. Dieser Indikator zeigt aber bei weitem nicht immer richtig und ist daher nur mit größter Reserve zu verwerten.

d) Unbekannte giftige, gasförmige Exkrete des Menschen und der Tiere.

Abgesehen von den übelriechenden Gasen, die von Fäulnisherden oder gelegentlich von Menschen durch Zersetzung von Exkreten geliefert werden können, hat man annehmen zu müssen geglaubt, daß die normale Exspirationsluft und die normale Hautausdünstung der Tiere und Menschen noch unbekannte flüchtige Gifte enthalte. Denn zweifellos

kommen in mit Menschen erfüllten, schlecht gelüfteten Räumen Gesundheitsstörungen zur Beobachtung, welche in Kopfschmerzen, Kopfdruck, Schwindel, Übelkeit und Ohnmachtsanfällen bestehen. Beim zwangsweisen Zusammendrängen vieler Menschen in engen geschlossenen Räumen, z. B. im Zwischendeck von besetzten Schiffen, wo während eines Sturms alle Luken dicht geschlossen werden mußten, ferner beim Einsperren zahlreicher Kriegsgefangener (schwarze Höhle von Kalkutta, der berüchtigte Turm von Austerlitz) sind sogar zahlreiche Todesfälle beobachtet.

In der Meinung, für diese Vorkommnisse eine Erklärung zu finden, hat namentlich Brown-Séquard auf die eigentümlichen Vergiftungserscheinungen hingewiesen, unter denen Tiere sterben, welche nur die mit den gasförmigen Ausscheidungen anderer Tiere erfüllte Luft zugeführt bekommen. Bei genauerer Prüfung hat sich jedoch gezeigt, daß solche Tiere ausschließlich dann zugrunde gehen, wenn die CO_2 auf ca. 14 % gestiegen und der O der Luft entsprechend abgenommen hat, und daß der Tod in genau der gleichen Weise erfolgt, wenn die Luft in dieser Zusammensetzung aus reinsten Materialien chemisch dargestellt wird, ohne jedes Zufügen eines Giftes. Nur dann erfolgte der Tod der Tiere etwas früher, wenn NH_3 aus dem zersetzten Harn der Tiere sich der Einatmungsluft beimengen konnte. — Auch das von d'Arsonval behauptete Auffinden alkaloidartiger Substanzen im Kondenswasser aus der menschlichen Atemluft konnte bei Nachprüfungen nicht bestätigt werden. Neuerdings hat Peters die Wirkung solchen Kondenswassers auf das isolierte Froschherz, ein ungemein feines Reagens auf kleinste Spuren von Giften, untersucht, hat aber dabei nur eine so minimale, fehlerfrei kaum festzustellende schwächende Wirkung erzielt, daß lediglich das Nichtvorhandensein von Giften, die beim Menschen Gesundheitsstörungen bewirken könnten, in der Atemluft gefolgert werden muß.

Direkte Versuche am Menschen, so angeordnet, daß Menschen (namentlich auch Kinder) die mit den gasförmigen Ausscheidungen anderer Menschen beladene Luft einatmen mußten, sind von mehreren Autoren mit völlig negativem Resultat angestellt. Nur Wolpert hat neuerdings gemeint, feststellen zu können, daß die CO_2-Ausscheidung des Menschen in einer mit Ausscheidungsprodukten erfüllten Luft etwas geringer ausfalle, als in reiner Luft. Aber auch diese Abnahme ist so geringfügig, daß sie nicht als sicher erwiesen gelten kann; und Schwankungen in der CO_2-Ausscheidung des Menschen gehen physiologisch und häufig in so viel höherem Grade vor sich, daß jene Abnahme, selbst wenn sie regelmäßig in verunreinigter Luft zustande käme, als belanglos bezeichnet werden müßte.

Es sind daher keine Anhaltspunkte für die Annahme eines unbekannten flüchtigen Giftstoffs in den gasförmigen Ausscheidungen des Menschen vorhanden.

Gleichwohl beruhen doch die oben hervorgehobenen Krankheitserscheinungen, die in Räumen mit zahlreichen Menschen auftreten, auf zweifellos richtiger Beobachtung und harren ihrer Erklärung.

Diese ergibt sich sofort, wenn man bei dem Auftreten jener Erscheinungen die Entwärmungsverhältnisse des Körpers mit berücksichtigt. Durch zahlreiche Versuche hat sich das mit den Beobachtungen aus der Praxis übereinstimmende Resultat ergeben, daß bei niederer Temperatur und Luftfeuchtigkeit keinerlei Gesundheitsstörung zu konstatieren ist, selbst bei sehr hoher Anhäufung von Exhalationsprodukten. In den Versuchen ging man so weit, daß der CO_2-Gehalt in dem engen, den Versuchspersonen zur Verfügung stehenden Raum bis auf 15 pro mille stieg; als Versuchspersonen dienten zum Teil Emphysematiker, Herzkranke, ferner Schulkinder; an letzteren wurden am Schluß Untersuchungen über eine etwa eingetretene geistige Ermüdung angestellt — das stete Resultat war ein Ausbleiben aller Gesundheitsstörungen. Liegt dagegen die Temperatur bei 26° und höher oder bei einer Feuchtigkeit von 60—80 $^0/_0$ bei 22°, so tritt fast bei allen Personen, am raschesten bei Herzkranken, Unbehagen, Kopfdruck, Beklemmung, Schwindel, Brechneigung ein. Gleichzeitig erhebt sich die Stirntemperatur auf 33—35°, die Hautfeuchtigkeit steigt um 20—30 $^0/_0$. Offenbar sind also alle jene subjektiven Symptome nur durch Wärmestauung bedingt. — Dies konnte noch weiter bewiesen werden durch folgende Variierung der Versuche: Wurde nach dem Eintritt der Stauungssymptome die Luft des Versuchsraums mittels eines Zirkulators in Bewegung gesetzt, aber ohne daß Öffnungen nach außen vorhanden waren, so schwanden die Symptome trotz ganz gleichbleibender chemischer Beschaffenheit der Luft, nur weil die bewegte Luft eine bessere Wärmeabgabe ermöglichte. Blieb ferner die Versuchsperson in der die Entwärmung behindernden Umgebung, erhielt aber zur Atmung vorgewärmte reinste Luft, so blieben die störenden Symptome bestehen. Ließ man aber dieselben Versuchspersonen unter normalen Entwärmungsverhältnissen eine sehr stark durch menschliche Ausdünstungen verunreinigte Luft bei verschlossener Nase einatmen, so trat keinerlei Beeinträchtigung des Befindens auf.

Die Gesundheitsstörungen, die in stark gefüllten, ungenügend gelüfteten Räumen auftreten, führen wir daher bis jetzt irrtümlicherweise auf chemische Änderungen der Luft zurück; tatsächlich kommen dabei ausschließlich die Verhältnisse der Entwärmung in

Betracht. Auch jene Todesfälle in übermäßig gefüllten Räumen sind in erster Linie aus völliger Wärmestauung (Hitzschlag) zu erklären, die den Tod lange vor der Zeit hervorgerufen haben muß, wo die chemische Änderung der Luft zu schwereren Störungen führen konnte. Ist für genügende Entwärmung des Körpers gesorgt, so veranlaßt die Ansammlung der gasförmigen Exkrete der Bewohner unter gewöhnlichen Verhältnissen keine Gesundheitsstörungen.

Aus dieser Erkenntnis der Bedeutung der chemischen Luftverunreinigung ergibt sich ein neuer Beleg für die bereits oben (S. 30) betonte wichtige Verschiedenheit der Zimmerluft und der Luft im Freien. Letztere ist ausgezeichnet durch die kräftige Luftbewegung, die im Zimmer ganz fehlt, dagegen im Freien in hohem Grade eine normale Entwärmung des Körpers begünstigt und einen wohltätigen und anregenden Hautreiz ausübt. Dadurch ist der Aufenthalt im Freien für den Menschen soviel bekömmlicher als der im geschlossenen Raum, und man kann nicht etwa Ersatz für die Luft im Freien dadurch schaffen, daß man den geschlossenen Raum ventiliert, bis die chemische Luftbeschaffenheit die gleiche wie im Freien ist. Öffnet man die Fenster eines überfüllten Raumes und beobachtet man, daß dadurch bei den Insassen Erschlaffung, Kopfdruck usw. schwinden, so beruht dies eben darauf, daß die bewegte kühlere, trockenere Luft eine bessere Entwärmung des Körpers herbeiführt. Ist die Luft außen gleichfalls warm, feucht und wenig bewegt, so erreicht man trotz stundenlangem Offenhaltens der Fenster und trotz chemischer Reinheit der Luft keine Besserung solcher Symptome.

Auch wenn wir die Luft im Freien in der Peripherie der Stadt viel erfrischender finden als im Inneren, liegt das selten an chemischen Differenzen. Maßgebend ist vor allem die stärkere Luftbewegung und die meßbar niedrigere Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in den peripheren Stadtteilen. Auch durch chemische Beeinflussung — Rauch, Fabrikgase usw. — kann die Luft eines Stadtteils minderwertig gemacht werden, namentlich im Vergleich zu Stadtteilen mit viel Garten- und Parkanlagen. Aber die thermischen Einflüsse sind das wichtigere für unser Empfinden, und wenn einmal in dieser Beziehung merkbare Differenzen zwischen Stadt- und Vorstadtluft nicht vorhanden sind, z. B. an sehr ruhigen schwülen Sommertagen oder während der ganzen kühleren Jahreszeit, dann versagt auch die sonst verspürte erfrischende Wirkung der Vorstadtluft.

Um Gesundheitsstörungen in der Luft geschlossener Räume zu verhüten, wird in erster Linie deren Erwärmung über 21° und deren Sättigung mit Wasserdampf über 50% vermieden werden müssen. Im Hochsommer unseres Klimas ist dies oft schwer durchzuführen, relativ leicht dagegen in den übrigen Jahreszeiten. Die Überwärmung bestehen lassen und ihr durch starke Lüftung begegnen, ist im Winter während der Bewohnung des Zimmers ein bedenkliches Vorgehen, weil gerade durch die Einwirkung kalter Luftströme auf die vorher überwärmte Haut leicht Erkältungskrankheiten entstehen; dagegen kann durch periodische Zufuhr kalter Luft zu unbewohnter Zeit die Überwärmung wirksam bekämpft werden (vgl. unter „Schulen"). — Außerdem sind natürlich in Räumen, in denen Menschen verkehren, etwaige ekelerregende Gerüche nach den in Kap. VII dargelegten Grundsätzen zu beseitigen.

Auch die Beurteilung einer Luft in geschlossenen Räumen vom hygienischen Standpunkt aus hat in erster Linie die Verhältnisse der Entwärmung für die in dem Raume sich aufhaltenden Menschen zu beachten; in zweiter Linie die Produktion übelriechender, Ekel erregender Gase.

Bezüglich der Entwärmungsverhältnisse können wir uns nicht auf das Empfinden des einzelnen verlassen, weil dieses individuell zu sehr variiert. Die Ermittelung der Hauttemperatur und der Hautfeuchtigkeit bei einigen der anwesenden Menschen wird vielleicht zu einer brauchbaren Charakterisierung der gesamten für die Entwärmung in Betracht kommenden Faktoren führen; aber dies Verfahren ist noch nicht durchgearbeitet, und es ist fraglich, ob man dabei nicht zu sehr mit individuellen Schwankungen rechnen muß. — Will man die äußeren Bedingungen direkt ermitteln, so sind eigentlich Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Wärmequellen, die für die Abstrahlung in Betracht kommen (Heizkörper, erwärmte Hauswände, andere Menschen), und die Luftbewegung gleichmäßig zu berücksichtigen. Diese Messungen im Einzelfall durchzuführen und daraus ein Urteil abzuleiten, ist kaum jemals angängig. Man wird sich höchstens auf Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung beschränken, und die noch eben zulässigen Grenzwerte von 22° und 70% Feuchtigkeit bei behinderter Abstrahlung um einige Grade bezw. Prozente herabsetzen, dagegen bei fühlbarer Bewegung der Luft entsprechend heraufrücken müssen. — Die CO_2 der Luft hier als Maßstab heranzuziehen, ist nur mit großer Einschränkung statthaft. Sie geht der Wärmebehinderung wohl dann einigermaßen parallel, wenn Wärme und Feuchtigkeit im Raum von Menschen und Beleuchtungsflammen herrühren; sobald dagegen Heizkörper oder warme und feuchte Außenluft mit in Betracht kommen, ist von einem Parallelismus zwischen CO_2 und Entwärmungsbedingungen nicht mehr die Rede.

Um die Anwesenheit übelriechender Gase in einer Luft festzustellen, kann in vielen Fällen die Nase genügen. Aber unser Geruchsorgan vermag quantitative Differenzen nicht genügend abzuschätzen, und namentlich spielen individuelle Verschiedenheiten hier eine so große Rolle, daß sehr häufig der eine dieselbe Luft für gut erklärt, die der andere für schlecht hält. Wir müssen aber einen ziffermäßigen, nicht von dem individuellen Ermessen abhängigen Maßstab für die Luftbeschaffenheit wünschen; und insbesondere die Wohnungs- und Schulhygiene kann eines solchen schwer entraten.

In der CO_2-Bestimmung besitzen wir einen wenigstens in dieser Beziehung teilweise brauchbaren Maßstab. Die Produktion der CO_2

hält in den Wohnräumen meist ungefähr gleichen Schritt mit der Ausscheidung belästigender und übelriechender Gase. Auch dieser Parallelismus ist allerdings nicht unter allen Verhältnissen vorhanden; es macht namentlich einen erheblichen Unterschied, ob reinliche oder unreinliche Menschen sich im Raume befinden, ob außer den Menschen andere Geruchsquellen vorhanden sind u. dgl. Diese Verhältnisse sind daher, sobald aus der Menge der CO_2 auf die Verschlechterung der Luft geschlossen werden soll, sehr wohl in Rücksicht zu ziehen. Durchschnittlich wird man annehmen dürfen, daß eine Steigerung des CO_2-Gehalts der Luft in Wohnräumen über 1·0 p. m. mit belästigenden Gerüchen verbunden sein wird, und daß daher eine solche Luft beanstandet werden muß (vgl. unter „Ventilation“ und „Schulen“).

Für die Beurteilung der Luft im Freien gibt die CO_2-Bestimmung nicht ausreichende Ausschläge und ist als Indikator sehr selten brauchbar. Hier sind wir einstweilen auf die sinnliche Wahrnehmung belästigender Beimengungen angewiesen.

Literatur: Ozon: Sonntag, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 8. — Ohlmüller, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt., Bd. 8. — Christmas, Annal. Pasteur 1893, Nr. 10. — Kohlensäure: Bitter, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 9. — Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, Bd. 1 u. 2, 1896, 1901. — Toxische Wirkung der Exspirationsluft: Brown-Séquard, Compt. rend. 1888. — Hermans, Arch. f. Hyg. Bd. 1. — Lehmann u. Jessen. Arch. f. Hyg., Bd. 10. — Rauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 15. — Lübbert-Schneider, Pharmaceutische Zentralhalle 1894. — Formánek, Arch. f. Hyg. 38. — Wolpert, Peters, Arch. f. Hyg., Bd. 47. 57. — Flügge, Heymann, Paul, Ercklentz, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 49.

II. Der Luftstaub.

Unter den in der Luft suspendierten Elementen unterscheiden wir gröbere Staubartikel, Ruß, Sonnenstäubchen und Mikroorganismen.

Zur quantitativen Bestimmung des gesamten Luftstaubes wird die Luft durch ein Glasrohr mit Wattepfropf aspiriert und die Gewichtszunahme des Rohrs bestimmt. Zur mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubs setzt man z. B. eine Glasplatte, die mit einem klebrigen Überzug (Chlorcalciumlösung, Glyzerin, Lävulose) versehen ist, dem Luftstrom aus; nach Beendigung des Versuchs wird die Platte mit einem Mikroskop durchmustert. Um einigermaßen vergleichbare Resultate zu erhalten, muß man die Geschwindigkeit des Luftstroms, die Größe der Einströmungsöffnung und den Abstand der Glasplatte von letzterer in genau gleicher Weise regulieren (Miquel). — Zur Zählung der Staubteilchen hat Aitken eine interessante Methode benutzt. Bekanntlich werden die kleinsten Staubteilchen sichtbar, wenn sie mit übersättigtem Wasserdampf in Berührung kommen, da dann jedes Teilchen zu einem Kondensationskern wird, der zu einem leicht sichtbaren Tröpfchen anwächst. Aitken konstruierte nun einen Apparat, der es gestattet, die Untersuchungsluft mit staubfreier Luft beliebig zu mischen und dann mittels Luft-

pumpe zu verdünnen. Die Mischung wird stets so weit getrieben, bis alle Staubteilchen des Gemisches zu Kondensationskernen werden, so daß weitere Druckerniedrigung keine weitere Tropfenbildung veranlaßt. Die Tröpfchen werden mittels eines mit feiner Teilung versehenen Spiegels gezählt. Unter Berücksichtigung des Mischungsverhältnisses mit staubfreier Luft ergibt sich daraus die Zahl der Stäubchen in der Volumeinheit der Untersuchungsluft.

Zur Zählung und Untersuchung der lebenden Mikroorganismen der Luft läßt sich keine dieser Methoden verwenden; bei der mikroskopischen Prüfung des gesamten Staubes verdecken die gröberen Objekte die etwa vorhandenen Bakterien, Sporen werden vollends leicht übersehen und bei den sichtbaren Mikroorganismen bleibt ihre Lebensfähigkeit in Frage.

Eine Kenntnis der lebenden Luftmikroben können wir vielmehr nur durch Kulturmethoden erhalten. Soll das Verfahren quantitative Aufschlüsse geben, so müssen dabei alle in der Luft enthaltenen Bakterien aufgefangen werden, zugleich aber jedes Individuum oder jeder Komplex von Individuen isoliert zur Entwicklung kommen; wenn möglich müssen auch die Nährsubstrate und sonstigen Lebensbedingungen variiert werden. Diesen Forderungen sucht zu entsprechen:

1) das Hessesche Verfahren. Ein Glasrohr von 70 cm Länge und 3.5 cm Weite wird mit Nährgelatine beschickt, dann sterilisiert und horizontal gelagert, so daß die Gelatine nach dem Erstarren in dünner Schicht die ganze Wandung auskleidet. Dann wird langsam Luft hindurch aspiriert, etwa 1 Liter in 2—4 Minuten, bis 10—20 Liter durchgeströmt sind. Die Stäubchen und Bakterienverbände fallen nieder und entwickeln sich auf der Gelatine zu isolierten Kolonien, die gezählt und qualitativ weiter untersucht werden können. — Genauer und bequemer ist:

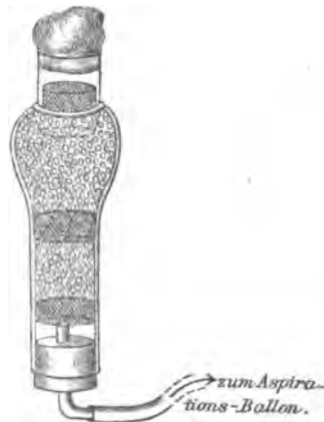


Fig. 5. Fickersches Filter zur Bestimmung der Luftkeime. 1:2.

2) das Petrische Verfahren. In ein kurzes ca. 2 cm weites Glasrohr wird ein Stück Drahtnetz eingeklemmt, darauf kommt eine etwa 3 cm dicke Schicht grober Sand von 0·4 mm Korngröße, dann wieder ein Drahtnetz. Das so hergestellte Filter wird sterilisiert, mit einem kräftigen Aspirator verbunden und die Luft in raschem Strome durchgesogen. Das Filter hält nachweislich alle Keime sicher zurück. Nach Beendigung des Versuchs wird der Sand und das Drahtnetz des Filters in Schälchen mit Gelatine oder Agar gebracht, und die gewachsenen Kolonien werden gezählt und untersucht. — Die Kolonien werden besser sichtbar und zählbar, wenn man statt des Sandes gestoßenes und gesiebtes Glas benutzt. Außerdem ist es zweckmäßig, dem Glasrohr mit dem Filter eine bauchige Erweiterung zu geben und das Rohr, das die Luft zuführt, in das Glaspulver dieser Erweiterung hineinzuführen, um völlig sichere Absorption zu erzielen (Ficker).

3) Falls es nicht auf vollständiges Auffangen aller Keime abgesehen ist: Aspiration der Luft durch ein Glasrohr, das mehrfach auf- und abwärts gekrümmt

und mit Lävuloselösung ausgekleidet ist; das Rohr wird nach Aufnahme der Luftkeime mit Wasser wiederholt ausgespült, das Waschwasser gesammelt und auf Platten verteilt. 5—20% der Keime passieren stets selbst mehrere solche Rohre. — Oder der Luftstrom streicht durch eine Reihe untereinander mittels Glasröhren verbundener Reagenzgläser, deren jedes eine kleine Wasserschicht enthält; beim langsamen Durchgang durch letztere bleiben die Keime zurück, das gesammelte Wasser wird auf Platten gebracht (Bujwid). — Bei der Untersuchung einer sehr stark bewegten Luft (auf Bergen, auf dem Meere) erhält man durch alle Apparate, die mit schwächeren Aspirationsströmen arbeiten, keine Ausbeute. Es muß darauf geachtet werden, daß an der Einströmung des Apparates die Luftbewegung die Windgeschwindigkeit übertrifft.

Über den Ursprung und die Verbreitung der einzelnen Elemente des Luftstaubs haben neuere Untersuchungen folgendes ergeben:

1. Grob sichtbarer Staub.

Derselbe ist in der Luft europäischer Städte zu 0·2—25 mg in 1 cbm Luft gefunden; die Zahl der Staubteilchen betrug nach Aitken auf dem Lande 500 bis 5000, in großen Städten 100000 bis 500000 in 1 ccm; die größten Mengen treten bei trockener Bodenoberfläche und austrocknenden heftigen Winden, die geringsten nach Regen und bei feuchtem Boden auf. Im Durchschnitt zeigt der Sommer die höchsten, das Frühjahr die niedrigsten Werte.

Die wesentlichste Quelle des Staubes ist die Bodenoberfläche. Wo die obersten Schichten des Bodens aus einem Gesteinsmaterial bestehen, das rasch verwittert und dabei relativ viel feinste Partikelchen liefert; ferner in einem Klima oder in einer Witterungsperiode, wo starkes Sättigungsdefizit und lebhafte Winde herrschen, werden die reichlichsten Staubmengen gefunden. Besonders in der tropischen und subtropischen Zone, speziell im Pendschap, in Ägypten, der Sahara usw. kommt es in einem Teil des Jahres zu heftigen Staubwinden, die mit enormen Massen von Staub die Luft im Freien und selbst im Innern der Wohnräume erfüllen und zu einer höchst lästigen Plage werden.

Genauere Untersuchungen über die Qualität des Staubes ergaben, daß er zu $^2/_3$ bis $^3/_4$ aus anorganischer Substanz, aus Gesteinssplittern, Sand- und Lehmteilchen besteht. Der Rest besteht größtenteils aus organischem Detritus, Pferdedünger, Haaren, Pflanzenteilchen, Fasern von Kleidungsstoffen, Stärkemehl usw. Ferner finden sich viel tote und lebensfähige Keime von höheren Pflanzen, Pollenkörner und Sporen von Kryptogamen. Der Blütenstaub von Nadelhölzern wird oft meilenweit fortgetragen (Schwefelregen). — Endlich haften vielfach noch Mikroorganismen, teils im toten, teils im lebenden Zustand, an den gröberen Staubteilchen.

Über Straßen- und Wohnungsstaub s. Kap. VII, über gewerblichen Staub Kap. VIII.

2. Rauch und Ruß

bestehen aus dichten Kohlewasserstoffen und Kohleteilchen, die den Feuerungsgasen infolge der stets unvollständigen Verbrennung der Kohle beigemengt sind. In Industriestädten, beim Moorbrennen finden sich dieselben oft in enormer Menge in der Luft, und zwar immer neben den S. 82 aufgeführten gasigen Verunreinigungen. — Die eingeatmeten Kohleteilchen können sich massenhaft in die Bronchialdrüsen einlagern und auch nach Leber, Milz und anderen Organen verschleppt werden (s. Kap. VIII).

3. Die Sonnenstäubchen.

Sehr kleine Partikelchen von organischem Detritus, feinste Teile von Woll- und Baumwollfasern, abgestorbene, selten lebensfähige Mikroorganismen usw. Sonnenstäubchen sind für gewöhnlich nicht in der Luft sichtbar; läßt man aber in ein sonst dunkles Zimmer einen Lichtstrahl einfallen, so können sie mit bloßem Auge deutlich wahrgenommen werden; durch die stete Anwesenheit dieser Stäubchen wird erst der Lichtstrahl auf seinem Wege durch die Luft sichtbar (Tyndall).

Die Sonnenstäubchen sind so leicht, daß sie selbst in ruhiger Luft sich nicht vollständig absetzen und bis zu den größten Höhen in der Atmosphäre verbreitet sind.

4. Die Mikroorganismen.
(S. vorher die Einleitung zu Kap. IX.)

Die Quelle der Luftkeime sind die verschiedensten Oberflächen, auf welchen Bakterienansiedlungen etabliert waren, in erster Linie die Bodenoberfläche, aber auch Kleider, Haut und oberflächliche Schleimhäute der Menschen. — Von feuchten Flächen oder von Flüssigkeiten gehen mit der einfachen Wasserverdunstung und bei schwachen Luftströmen keine Bakterien in die Luft über. Läßt man einen solchen Luftstrom über eine Flüssigkeit oder über feuchte Substanzen, die eine bestimmte, leicht erkennbare Bakterienart enthalten, hinwegstreichen und dann ein mehrfach gekrümmtes Auffangrohr passieren, so finden sich in letzterem keine Keime der betreffenden Art. Wenn aber ein Luftstrom von mehr als 4 m Geschwindigkeit so auf die Oberfläche der Flüssigkeit auftrifft, daß Wellenbildung und beim Anprall der Wellen gegen feste Flächen Zerstäubung eintritt, oder wenn Verspritzen der Flüssigkeit durch brechende Wellen, heftiges Schlagen oder Platzen oberflächlicher Blasen erfolgt, können Wassertröpfchen

und mit diesen Mikroorganismen in die Luft übergeführt werden. Im Freien kommt es beim Anbranden des Meeres, durch Mühlräder, ferner sehr häufig dann, wenn stärkere Winde die vom Regen befeuchteten Baumblätter bewegen, zur Ablösung von Tröpfchen. In Wohnräumen können dieselben bei jedem Ausgießen von Flüssigkeiten, beim Waschen usw. entstehen; vor allem aber dadurch, daß die Menschen beim Niesen, Husten und lauten Sprechen nachweislich fast stets Tröpfchen von Speichel und Sputum verschleudern, die mit bloßem Auge nicht wahrgenommen werden können, die aber lebende Mikroorganismen enthalten. Zum Weitertransport dieser einmal losgelösten Tröpfchen genügen zum Teil Luftströme von sehr geringer Stärke; selbst solche von 0·1—0·2 mm Geschwindigkeit pro Sekunde können die feinsten Tröpfchen noch meterhoch in die Höhe tragen.

Nach dem Eintrocknen einer Bakterienansiedlung geht der Übertritt der Keime in die Luft zunächst schwierig von statten. Sie kleben den Flächen relativ fest an, fixiert durch die zu einer Kruste eintrocknenden schleimigen oder eiweißartigen Stoffe ihrer Hüll- und Interzellularsubstanz. Selbst kräftige Luftströme führen von solchen trockenen Überzügen nichts fort. Es müssen vielmehr erst durch stärkere Temperaturdifferenzen oder durch mechanische Gewalt Kontinuitätstrennungen und teilweise Ablösungen erfolgen; die Kruste zersplittert, und erst dann sind Luftströme von 4—5 m Geschwindigkeit imstande, kleine Teilchen aufzunehmen und zu transportieren. Bildet feiner Sand oder Lehm die Unterlage der Bakterienansiedlung, oder haften sie z. B. an porösen, leicht fasernden Kleidungsstoffen (Sputum, Dejektionen usw. an Wäsche), so geschieht die hauptsächlichste Verbreitung nicht sowohl infolge einer Ablösung der Bakterien, sondern dadurch, daß Teile des Substrats selbst in die Luft übergehen. An den mineralischen Staubpartikelchen, sowie an den gröberen und feineren Fasern, welche sich von Kleider- und Möbelstoffen loslösen, haften daher die hauptsächlichsten Mengen der in der Luft befindlichen Mikroorganismen.

Dieser Entstehungsart entsprechend gehören die in Staubform in der Luft enthaltenen Mikroorganisnen nicht durchweg zu den feinsten und leichtesten Staubelementen; vielmehr ist der größte Teil derselben unter dem grob sichtbaren Staub zu suchen, und sie sind durchschnittlich gröber und schwerer transportabel als die bakterienführenden Tröpfchen.

Nur für Schimmelpilzsporen liegen die Verhältnisse anders. Auch wenn diese auf feuchtem Substrat wuchern, ragen die trockenen Sporen in die Luft, werden einzeln durch leichte Erschütterungen abgelöst,

und in solchem isolierten Zustande durch die schwächsten Luftströme fortgeführt. Die Schimmelpilzsporen sind daher die kleinsten und leichtesten lebenden Elemente des Luftstaubs.

Die verhältnismäßige Größe und Schwere der Bakterienstäubchen ist durch verschiedene Beobachtungen und Experimente bestätigt. So zeigen die Versuche mit der Hesseschen Röhre, daß in den ersten Teilen derselben, gleich nach dem Eintritt der Luft, vorzugsweise die schweren bakterienführenden Staubelemente abgesetzt werden, während im letzten, von der Eintrittsstelle der Luft entferntesten Teil weniger Bakterien und hauptsächlich Schimmelpilze zur Entwicklung kommen. — Dieselben Resultate erhält man, wenn in ruhiger Luft (Zimmerluft) bakterienhaltiger Staub aufgewirbelt wird. Anfangs finden sich dann große Mengen Bakterien in der Luft; aber schon nach ca. 30 Minuten sind die Bakterien größtenteils, nach einer Stunde fast sämtlich, durch Absetzen des Staubes aus der Luft entfernt und es bleiben im wesentlichen nur Schimmelpilzsporen übrig. Selbst Luftströmungen bis 0·2 m Geschwindigkeit sind nicht imstande, die gröberen Bakterienstäubchen schwebend zu erhalten oder dieselben fortzutransportieren; während allerdings die leichteren Bakterienstäubchen, von denen sich fast immer einige in der Luft finden, schon durch Luftströme von 0·2—2·0 mm Geschwindigkeit horizontal weitergeführt bzw. schwebend erhalten werden. — Solche leichteste Stäubchen entstehen vorzugsweise von der Kleidung und von Taschentüchern, während insbesondere der Fußbodenstaub durchschnittlich schwerer ist.

Für die Qualität der Luftkeime ist es noch von großer Bedeutung, daß viele Bakterienarten ein so vollständiges Austrocknen, wie es für den Übergang in die Luft in Form von feinstem, leicht flugfähigem Staub erforderlich ist, nicht vertragen. Fängt man feinen, mit bestimmten Bakterien beladenen Staub auf, nachdem ein Luftstrom von 4 mm Geschwindigkeit (der Luftbewegung im Innern stark ventilierter Wohnräume entsprechend) denselben 80 cm hoch aufwärts getrieben hat, so sind Cholerabakterien, Pestbazillen, Pneumokokken, Meningokokken, Influenzabazillen, Diphteriebazillen ausnahmslos abgestorben. Diese alle können daher nur in Form von feinsten Tröpfchen auf weitere Strecken durch die Luft fortgeführt werden. Dagegen bleiben unter den angegebenen Verhältnissen auch im feinsten trockenen Staube lebendig: Tuberkelbazillen, Milzbrandsporen, Staphylokokken, Sarcine, Tetanussporen. Eine Mittelstellung nehmen Typhusbazillen und Streptokokken ein, die wenigstens in Form von etwas gröberen Stäubchen und bei Anwendung von stärkeren Luftströmen

noch lebend transportiert werden können. — Schimmelpilzsporen vertragen das Austrocknen sämtlich gut und können lange in Form von feinstem Staub existieren, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüßen. Sie werden daher in älterem und feinerem Staub leicht prävalieren, auch wenn in dem stäubenden Material ursprünglich mehr Bakterien vorhanden waren.

Zahl und Arten der Luftkeime. Im Freien werden sehr verschiedene Mengen von Luftkeimen gefunden; im Mittel in 1 cbm Luft 500—1000 Keime, darunter 100—200 Bakterien, der Rest Schimmelpilze; manchmal erheblich mehr und auch relativ mehr Bakterien.

Die geringste Keimzahl wird in Einöden, auf unbewohnten Bergen und im Winter zu finden sein, weil es hier an stärkerer Ausbildung der Bakterienansiedlungen fehlt. Ferner beobachtet man wenig Keime bei feuchtem Wetter und feuchter Bodenoberfläche (nach Regen, im Frühjahr) und bei mäßigen Winden. Nur Schimmelpilzsporen sind auch bei feuchtem Wetter reichlicher in der Luft enthalten, weil die Pilzrasen dann am besten gedeihen und weil deren Sporen auch von feuchtem Substrat aus leicht in die Luft gelangen. — Auf hohem Meere ist die Luft in 500—1000 km Entfernung vom Lande keimfrei gefunden, jedoch nur bei Anwendung schwacher Aspirationsströme; es ist nicht zu bezweifeln, daß auch die Luft auf offenem Meere bei bewegtem Wasser je nach dem Keimgehalt desselben Tröpfchen mit lebenden Keimen führt.

Die größten Mengen von Keimen werden in die Luft dann aufgenommen, wenn hohe Temperatur, starkes Sättigungsdefizit und heftige Winde zusammenwirken. Bei vorübergehender Bodentrockenheit können sich in den breiten städtischen Straßen zwar auch schon größere Staubmassen bilden; aber erst eine Periode anhaltender Dürre und trockener Winde führt aus allen Winkeln und Höfen und von den Stätten, wo die Abfallstoffe abgelagert zu werden pflegen, mannigfaltige und zahlreiche Bakterien in die Luft über.

In geschlossenen Räumen finden sich bei ruhiger Luft sehr wenig oder gar keine Luftkeime; dagegen kommt es bei jedem Verspritzen von bakterienhaltiger Flüssigkeit (Hustenstöße) und in noch größerer Menge beim Aufwirbeln trockenen Staubes (Bürsten, Fegen usw.) zu einem teils vorübergehenden, teils anhaltenden, oft außerordentlich hohen Keimgehalt der Luft.

Wichtiger als die Zahl der Luftkeime ist die Feststellung ihrer Arten und speziell das Verhalten der pathogenen Keime. In dieser

Beziehung muß jedoch scharf unterschieden werden zwischen der Luft im Freien und der Luft in geschlossenen Wohnräumen.

Im Freien scheint sich immer infolge der steten Bewegung der Luft, die selbst bei sogenannter Windstille noch $^1/_2$—1 m pro Sekunde beträgt, eine starke Verdünnung der Keime zu vollziehen. Seltenere Arten, die ausnahmsweise und in relativ kleiner Zahl in die Luft gelangen, müssen daher so gut wie ganz verschwinden; und da die saprophytischen Bakterienansiedlungen in unendlich viel größerer Ausdehnung vorkommen, als Herde von pathogenen Bakterien, so kann nur ein besonderer seltener Zufall dahin führen, daß einmal eine pathogene Bakterienart bei der Luftuntersuchung gefunden wird. In der Tat haben die verschiedensten Beobachter bei ihren zahlreichen Luftanalysen gewöhnlich nur Saprophyten und niemals spezifische pathogene Keime (mit Ausnahme der weitverbreiteten Eitererreger) erhalten; nur bei direkten Übertragungen von größeren Mengen Straßenstaub und Straßenschmutz auf Versuchstiere hat man z. B. Tetanus- und Ödembazillen, und angeblich in vereinzelten Fällen auch Tuberkelbazillen nachweisen können.

Die Luft im Freien bietet daher fast niemals Infektionschancen. In früherer Zeit hat man diese Gefahr erheblich überschätzt, weil man über die im Vergleich zum Bakteriengehalt des Wassers, vieler Nahrungsmittel usw. sehr geringe Zahl der Luftkeime, über das rasche Absterben der meisten pathogenen Bakterien beim Austrocknen und über das enorme Überwiegen saprophytischer Keime im Luftstaub nicht hinreichend orientiert war. Unsere in dieser Beziehung jetzt geklärten Vorstellungen decken sich aber im Grunde auch viel besser als die früheren Annahmen mit den Erfahrungen über die Verbreitungsweise kontagiöser Krankheiten. In unmittelbarster Nähe von Pockenhospitälern sollen zwar Infektionen beobachtet sein; aber schon in einer Entfernung von wenigen Metern, in benachbarten Straßen mit freier Luftbewegung kommt nach allen Erfahrungen eine Infektion nicht mehr vor, sondern nur solche Personen, welche mit Kranken verkehrt oder das Haus eines Pockenkranken betreten haben, setzen sich dieser Gefahr aus. Ebenso werden die Erreger von Scharlach, Masern, Flecktyphus, denen wir die Fähigkeit, durch die Luft verbreitet zu werden, zweifellos zuerkennen, so gut wie niemals aus der freien Luft aufgenommen, sondern nur im direkten oder indirekten Verkehr mit dem Kranken. — Ebenso wissen wir von den verschiedensten Tierseuchen, daß sie durch Berührungen und Objekte, nicht aber durch die freie Luft verbreitet werden, und daß deshalb Sperrmaßregeln und Grenzkordons, obwohl sie sich um die Luft nicht kümmern, ausreichenden Schutz gewähren.

Auch Tuberkelbazillen konnten von der Mehrzahl der Untersucher im Luftstaub städtischer Straßen nicht nachgewiesen werden, weil offenbar die Verdünnung selbst dieser so relativ reichlich produzierten und in der Luft sich lange lebensfähig haltenden Bazillen zu bedeutend ist. In interessanter Weise wird die Ungefährlichkeit des Straßenstaubes bestätigt durch eine Statistik der Berliner Straßenkehrer, die doch der Infektion mit Straßenstaub fortgesetzt in höchstem Grade exponiert sind, von denen aber nur ein relativ sehr kleiner Bruchteil (2 Prozent) an Lungen- und Bronchialkatarrh (mit eventuellem Ausgang in Phthise) erkrankt. Dabei haben 70 Prozent dieser Straßenkehrer eine Dienstzeit von über 5 Jahren, 55 Prozent eine solche von über 10 Jahren (Cornet). — Die Erreger von Typhus, Diphtherie, Influenza usw. werden erst recht kaum jemals aus der Luft im Freien auf den Menschen übergehen, da sie immer in noch erheblich geringerer Menge in der äußeren Umgebung des Menschen vorhanden resp. weniger resistent sind, wie die Tuberkelbazillen.

Nur wenn etwa eine pathogene Mikrobenart in ähnlicher Ausdehnung auf totem Substrat gedeihen könnte, wie die Gärungs- und Fäulniserreger, oder in solchen Massen in die Luft übergehen würde, wie z. B. die Pollen zur Zeit der Gräser- und Getreideblüte, gewänne eine Luftinfektion Chancen. Nach den zahlreichen bis jetzt vorliegenden Untersuchungen des Bodens, des Wassers, der Nahrungsmittel ist aber für die Mehrzahl der bekannten Infektionserreger eine so ausgedehnte saprophytische Wucherung völlig unwahrscheinlich. Am ehesten könnte noch eine gelegentliche Infektion vorkommen bei den weitverbreiteten Eiterkokken, die aber auch jedenfalls in der freien Luft ungleich seltener vorkommen, als auf der Haut, im Wohnungsstaub und an Gebrauchsgegenständen, und die in der Regel von diesen aus in die Wunden eindringen; ferner begegnet man im Straußenstaub den Bazillen des malignen Ödems und des Tetanus, die an saprophytische Lebensbedingungen angepaßt sind, aber in praxi gleichfalls nur durch Berührungen und nicht durch die Luft in die zu ihrer parasitären Existenz notwendigen tiefen Verletzungen gelangen.

In geschlossenen Räumen (zu denen auch Treppenhäuser, Korridore, ringsum geschlossene Höfe, Straßen- und Eisenbahnwagen usw. zu rechnen sind) wird dagegen eine Infektion von der Luft aus weit leichter und häufiger zustande kommen, sobald Kranke da sind, deren Exkrete sich der Luft beimengen. — In einem Raum von 60 cbm Inhalt atmet der bewohnende Mensch täglich $^1/_6$ des ganzen Luftvolums ein; hier können außerdem die pathogenen Bakterien einen erheblichen Bruchteil der gesamten Luftkeime ausmachen. Bei In-

fluenza werden die Bazillen durch das reichliche Niesen und Husten in großer Menge in Tröpfchenform in die Luft übergeführt; stark hustende Phthisiker, Masernkranke im Initial- oder Prodromalstadium, Pockenkranke, Lepröse, Kranke mit Pestpneumonie, Kinder mit Keuchhusten, Diphtherie, Genickstarre usw. werden mit dem Kontagium beladene Tröpfchen in die Luft liefern und diese bald in geringerem, bald in hohem Grade infektiös machen. Je länger gesunde Menschen sich in solcher Luft aufhalten und je mehr und andauernder sie sich dem Kranken nähern, um so größer wird für sie die Gefahr der Infektion (vgl. Kap. IX). — Bei manchen Krankheiten, namentlich bei Phthise und den Wundinfektionskrankheiten, gesellt sich die Möglichkeit einer Infektion durch trockenen, leicht in der Luft schwebenden Wohnungsstaub hinzu, der noch lebensfähige Erreger enthält. In dieser Beziehung wird die Wohnungsluft am gefährlichsten, wenn sie grob sichtbaren Staub enthält, der durch Bewegungen des Kranken oder Hantierungen mit infizierten Betten, Kleidern oder Möbeln aufgewirbelt ist.

Zu abweichenden Anschauungen bezüglich der Infektiosität der atmosphärischen Luft ist man früher durch statistische Zusammenstellungen gelangt, aus welchen hervorgehen sollte, daß die Frequenz aller möglichen infektiösen Krankheiten mit der Zahl der in 1 cbm Luft gefundenen (saprophytischen!) Bakterien parallel geht. Diesen Zusammenstellungen liegt von vornherein ein unrichtiger Gedanke zugrunde, insofern die atmosphärische Luft für keinen der Infektionserreger den einzigen oder auch nur den hauptsächlichsten Transportweg darstellt; vielmehr kommen Berührungen, Wasser, Nahrung usw. immer als mehr oder weniger mitbeteiligte Infektionsquellen in Betracht; eine Verbreiterung oder Verengerung jenes einen Weges muß daher durchaus nicht in der Zahl der gesamten Krankheitsfälle ihren Ausdruck finden. Wenn trotzdem ein Parallelismus zwischen den Ergebnissen der Luftanalysen und den Mortalitäts- und Morbilitätsziffern herausgerechnet ist, so zeigt das nur, wie leicht durch statistische Zusammenstellungen Koinzidenzen erhalten werden können, die in keiner Weise auf einen ätiologischen Zusammenhang hindeuten.

Literatur: Renk, Die Luft, Abt. aus v. Ziemssen's und v. Pettenkofer's Handbuch. d. Hygiene, 1885. — Miquel, Les Organismus vivants de l'atmosphère, Paris 1881. — Aitken, Nature, Bd. 41 u. 45. — Cornet, Die Verbreitung der Tuberkelbazillen außerhalb des Körpers, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 5, Heft 2. — Flügge, Über Luftinfektion, ibid. Bd. 25.

Methoden: Flügge, Lehrbuch der hyg. Untersuchungsmethoden, 1881. — Hueppe, Die Methoden der Bakterienforschung, 4. Aufl., 1889. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. — Petri, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 3 (dort die ältere Lit.). — Ficker, ibid. Bd. 23.

Drittes Kapitel.

Der Boden.

Es ist eine von alters her verbreitete Ansicht, daß der Mensch von der Beschaffenheit seines Wohnbodens in gewisser Weise abhängig ist. Je nach seiner Oberflächenbeschaffenheit ist der Boden ein wesentlicher Teilfaktor des Klimas; ferner ist bei der Fundamentierung des Wohnhauses, bei der Trinkwasserversorgung, bei der Entfernung der Abfallstoffe, bei der Anlage der Begräbnisplätze in erster Linie auf das Verhalten des Bodens Rücksicht zu nehmen. Einige Forscher haben denselben außerdem als ausschlaggebend für die Entstehung und Verbreitung mancher epidemischer Krankheiten angesprochen.

I. Oberflächengestaltung und geognostisches Verhalten.

Die Gestalt der Bodenoberfläche bietet vielerlei Variationen und nicht selten hygienisch interessante Beziehungen. So führt eine zu geringe Neigung des Terrains oder eine muldenförmige Einsenkung leicht zu oberflächlichen Wasseransammlungen, zu feuchtem Boden und zu Malariagefahr. Bei scharf entscheidenden engen Tälern kann es zu stagnierender Luft, starker Bodenfeuchtigkeit und eventuell nächtlicher Einlagerung kalter Luftschichten kommen. Bergrücken oder Pässe und Sättel sind oft den Winden außerordentlich stark exponiert. Vegetationslose Hochplateaus bieten extreme Temperaturkontraste. Nach Norden gerichtete Abhänge zeigen relativ niedrige, Südabhänge entsprechend höhere Temperaturen infolge der verschiedenen Insolation. — Von erheblichem Einfluß auf das Verfahren der Luftfeuchtigkeit und der Niederschläge und somit des ganzen Klimas ist ferner die Bewaldung der Bodenoberfläche (s. S. 67).

Neben der äußeren Gestaltung kommt der geognostische und petrograpische Charakter der oberflächlichen Bodenschichten in Betracht.

Man unterscheidet vier geologische Formationen: 1) Die azoische, in deren Gesteinen keinerlei Spuren eines organischen Lebens gefunden werden. Repräsentanten dieser Formation sind Granit, Gneis, Glimmerschiefer usw. 2) Die paläozoische Formation, gekennzeichnet durch Reste von Algen, Gefäßkryptogamen, Protozoën, Arthrozoën usw. als Anfänge der organischen Welt. Diese Formation ist vertreten z. B. durch Grauwacke, Tonschiefer, Steinkohle. 3) Die mesozoische Formation, welche in der Kreide, dem Jura, und in dem Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein des sogenannten Trias zahlreiche Am-

phibien und Reptilien, sowie die Anfänge von Vögeln und Säugetieren erkennen läßt. 4) Die känozoische Formation, deren älteste Periode man als Tertiär bezeichnet. Das Tertiär weist Spuren von Palmen und Angiospermen, von Säugetieren und den ersten Menschen auf. Zu demselben gehören Kalkstein-, Sand-, Ton-, Braunkohlenlager usw., ferner manche infolge vulkanischer Tätigkeit entstandene Trachyte, Basalte. Auf das Tertiär folgt zeitlich das Diluvium, auf dieses das Alluvium; beide bestehen aus Trümmern verwitterter Gesteine und diese Trümmer haben sich beim Alluvium durch Ablagerung aus Flüssen, beim Diluvium oft auch unter der Einwirkung der früher bis nach Mitteldeutschland und weit in Nordamerika hereinreichenden nordischen Gletscher zu ausgedehnten Kies-, Sand- und Lehmschichten aufgehäuft.

Unser Wohnboden besteht in seinen oberflächlichsten Lagen fast stets aus Diluvium oder Alluvium. Da Ortschaften sich gewöhnlich in Fluß- oder Bachtälern zu etablieren pflegen, bedeckt dort alluviales Schwemmland die Gesteinslager früherer Formationen; meistens folgen unter dem Alluvium diluviale Schichten, darunter oft in großer Mächtigkeit Tertiärlager. Nur ganz ausnahmsweise kommt es vor, daß Ortschaften unmittelbar auf älterem Gestein liegen.

Früher hat man dem geologischen und petrographischen Charakter der tieferen Schichten erhebliche hygienische Bedeutung beigemessen. Allerdings sind von der Formation und der Gesteinsart in gewissem Grade die Gestaltungen der Bodenoberfläche und damit das klimatische Verhalten, die Bodenfeuchtigkeit, ferner die Art der Wasseransammlung im Boden, die Neigung zur Staubbildung, die Beschaffenheit des Trinkwassers usw. abhängig. Aber alle diese Einflüsse sind inkonstant und werden außerdem auf der bewohnten Erdoberfläche durch die Auflagerung alluvialen und diluvialen Schwemmlandes größtenteils verwischt.

Es ist daher höchst selten zulässig, von einem bestimmten klimatischen und hygienischen Charakter dieser oder jener Gesteinsformation zu sprechen. Hygienisch bedeutungsvoll sind in dieser Beziehung wesentlich nur die obersten Bodenschichten und auch bei diesen ist es nicht sowohl von Interesse, ob sie dem Diluvium oder dem Alluvium angehören, sondern höchstens, ob sie innerhalb der letzten Jahre oder Jahrzehnte etwa durch Menschenhand (Aufschuttboden) oder bereits vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden durch natürliche Einflüsse entstanden sind.

II. Die mechanische Struktur der oberen Bodenschichten.

Das Verhalten flüssiger, gasiger und suspendierter Stoffe im Boden ist in erster Linie von seiner mechanischen Struktur abhängig, und diese ist daher für die hygienischen Beziehungen des Bodens von

besonderer Wichtigkeit. Die mechanische Struktur umfaßt die Korngröße, das Porenvolum und die Porengröße; aus den Strukturverhältnissen resultieren dann unmittelbar jene eigentümlichen Eigenschaften des Bodens, welche unter der Bezeichnung „Flächenwirkungen“ zusammengefaßt werden.

a) Korngröße, Porenvolum, Porengröße.

Die mechanische Struktur zeigt — abgesehen von dem Gegensatz zwischen dem kompakten Boden und dem Geröllboden — die auffallendsten Unterschiede je nach der Größe der komponierenden Gesteinstrümmer; man scheidet in dieser Weise Kies (die einzelnen Körner messen mehr als 2 mm), Sand (zwischen 0·3 und 2·0 mm Korngröße), Feinsand (unter 0·3 mm Korngröße), Lehm, Ton, Humus (abschlämmbare Teile). Ton besteht aus den allerfeinsten Partikelchen; enthält er gewisse Verunreinigungen, so bezeichnet man ihn als Lette, Flinz; bei einem Gehalt von feinem Sand und geringen Eisenbeimengungen als Lehm. Humus ist Sand oder Lehm mit reichlicher Beimischung organischer, namentlich pflanzlicher Reste.

Der Untergrund der Städte erhält durch die verschiedene Korngröße des Bodens ein sehr charakteristisches Gepräge. Bald liegt ein lockerer, grober Kies vor (München); bald ein gleichmäßiger mittelfeiner Sand (Berlin); bald vorwiegend Lehmboden (Leipzig). Grober Kies kann mit feinerem Kies und Sand oder mit dichtem Lehm gemengt vorkommen. Oft ist auch der Sand aus verschiedenen Korngrößen und eventuell noch mit lehmigen Teilen gemischt. Nicht selten findet sich beim Aufgraben städtischer Straßen bis in mehrere Meter Tiefe ein dunkel gefärbter humusartiger Boden, der durch Reste von Mauer- und Pflastersteinen, Mörtel, Holz usw. als Aufschuttboden zu erkennen ist.

Um zu bestimmen, welche Korngrößen ein Boden enthält und in welchem Verhältnis die einzelnen Korngrößen gemischt sind, wird eine Probe des Bodens zunächst getrocknet, dann zerrieben, gewogen und nun auf einen Siebsatz gebracht, welcher fünf oder sechs Siebe von verschiedener Maschenweite enthält. Die auf jedem Sieb zurückbleibende Masse wird wieder gewogen und auf Prozente des Gesamtgewichts der Probe berechnet. Die feinsten Teile (unter 0·3 mm) können noch durch Schlämmapparate in weitere Stufen zerlegt werden; doch ist eine solche Trennung häufiger im landwirtschaftlichen, als im hygienischen Interesse indiziert. — Das Resultat der Analyse wird beispielsweise in folgender Form gegeben: Charakter des Bodens: Grober Sand; enthält: 12 Prozent Feinkies, 79 Prozent Grobsand, 9 Prozent Feinsand und abschlämmbare Teile.

Außer der Korngröße kommt die Porosität und das Porenvolum des Bodens in Betracht. Die Eigenschaft der Porosität fehlt dem

städtischen Untergrund nur in den seltenen Ausnahmefällen, wo kompakter Felsboden die Wohnstätten trägt. Auch dann ist nicht selten nur scheinbar dichte Struktur vorhanden; Kalk- und Sandsteinfelsen zeigen oft eine poröse Beschaffenheit und können große Mengen Wassers schnell aufsaugen. — Der aus Gesteinstrümmern aufgeschichtete alluviale oder diluviale Boden enthält selbstverständlich stets eine Menge von feinen Poren zwischen seinen festen Elementen. Diese Zwischenräume sind von besonderer Wichtigkeit; denn was immer sich im Boden findet, Luft, Wasser, Verunreinigungen, Mikroorganismen, muß in denselben sich aufhalten und fortbewegen.

Zunächst ist die Frage aufzuwerfen, wie groß das **Porenvolum** ist, d. h. wieviel Prozent des ganzen Bodenvolums von den Poren eingenommen wird. — Es hängt dies wesentlich davon ab, ob die Elemente des Bodens untereinander annähernd gleich groß, oder aber aus verschiedenen Größen gemischt sind. Sind dieselben gleich groß, so beträgt das Porenvolum zirka 38 Prozent, und zwar ebensowohl wenn es sich um Kies, als wenn es sich um Sand oder Lehm handelt. So haben z. B. alle abgesiebten, und daher aus untereinander gleich großen Elementen zusammengesetzten Bodenproben 38 Prozent Poren; die kleineren Korngrößen haben um so viel feinere Zwischenräume, aber entsprechend mehr an Zahl, so daß die Volumprozente gleich bleiben.

Wesentlich kleiner wird das Porenvolum, wenn verschiedene Korngrößen gemischt sind, so zwar, daß die feineren Teile die Poren zwischen den größeren Elementen ausfüllen. Dann kann eine große Dichtigkeit und ein sehr geringes Porenvolum resultieren. Sind z. B. die Poren des Kieses mit grobem Sand, und dann die Poren des Sandes mit Lehm ausgefüllt, so geht das Porenvolum auf 5—10 Prozent herunter und der Boden bekommt eine außerordentliche spezifische Schwere (Leipziger Kiesboden).

Das Porenvolum läßt sich leicht mathematisch berechnen, wenn man die Körner des Bodens als Kugeln ansieht. — Eine direkte Bestimmung ist dadurch möglich, daß man in ein bekanntes Volum trockenen Bodens von unten her langsam Wasser aufsteigen läßt, bis alle Poren gefüllt sind und die Oberfläche feucht geworden ist; die Menge des zur Füllung der Poren verbrauchten Wassers ist durch Messung oder Wägung zu bestimmen. — Wenn es auf genaue Resultate ankommt, so ist es besser, die in den Poren enthaltene Luft durch Kohlensäure auszutreiben und in einem mit Kalilauge gefüllten Eudiometer zu messen. Eine solche Bestimmung erfordert indes einen komplizierteren Apparat und isteim hygienischen Interesse selten notwendig.

In einfacher Weise läßt sich das Porenvolum auch aus dem Gewicht eines bekannten Bodenvolums berechnen. Das spezifische Gewicht der einzelnen vorzugsweise in Betracht kommenden Bodenelemente beträgt nämlich, einerlei ob es sich um Kies, Sand oder Lehm handelt, etwa 2·6. Dividiert man das

wahre Gewicht eines Bodenvolums durch dieses spezifische Gewicht, so erhält man das Volum der festen Gesteinsmasse; und durch Abzug dieses Volums von dem Gesamtvolum die Summe der Zwischenräume. Hat man z. B. 500 ccm Boden und diese wiegen 1000 g, so sind $\frac{1000}{2 \cdot 6}$ = 379 ccm feste Masse und also 121 ccm Poren; das Porenvolum folglich 24 Prozent.

Die **Porengröße** schwankt in derselben Weise wie die Korngröße und ist bei Ton, Lehm, sowie bei den aus diesen feinsten Elementen und gröberen Körnern gemischten Bodenarten am geringsten. Häufig sind größere und kleinere Poren in demselben Boden nebeneinander. An den gröberen Poren sind außerdem ungleichwertige Anteile zu unterscheiden: die Ausläufer entsprechen feinsten Poren und wirken eventuell diesen ähnlich durch die relativ große Ausdehnung der den Hohlraum umgebenden Flächen; der Rest der Poren zeigt dagegen eine im Verhältnis zum Hohlraum geringe Ausdehnung der begrenzenden Flächen und ist daher zu sogen. Flächenwirkungen ungeeignet.

Je feiner die Poren sind, um so mehr Widerstände bieten sie der Bewegung von Luft und Wasser. Die **Durchlässigkeit** (Permeabilität) eines Bodens für Luft und Wasser ist daher in erster Linie von der Porengröße, daneben noch vom Porenvolum abhängig, und zwar haben genauere Bestimmungen ergeben, daß sie den vierten Potenzen der Porendurchmesser proportional ist, also mit dem Kleinerwerden der Poren außerordentlich rasch abnimmt.

Die Durchgängigkeit für Luft läßt sich in der Weise bestimmen, daß man bei gleichem Druck Luft durch eine bestimmte Schicht des Bodens hindurchtreten läßt und dann die Mengen, die in der Zeiteinheit passiert sind, mit Hilfe einer Gasuhr mißt. — Die Durchlässigkeit für Wasser ist im Laboratorium nicht zu ermitteln, weil die in den Poren eingelagerten und nicht völlig zu beseitigenden Luftblasen sehr ungleiche Widerstände bedingen.

Befeuchtet man absichtlich den Boden, so hört bei feinerem Boden schon alle Luftbewegung auf, sobald etwa die Hälfte der Poren mit Wasser gefüllt ist. — Noch bedeutender ist die Abnahme der Permeabilität im gefrorenen Boden.

b) Flächenwirkungen des Bodens.

Der poröse Boden bietet in den Begrenzungen seiner Zwischenräume eine ganz enorme Oberfläche dar, welche imstande sein muß, energische Attraktionswirkungen auszuüben. Dieselben werden um so stärker ausfallen, je feinkörniger der Boden ist. Bei grobem Kies zählt man in 1 cbm Boden etwa 180000 Körner und diese repräsentieren eine Oberfläche von 56 qm; feiner Sand enthält dagegen in 1 cbm ca. 50000 Millionen Körner mit einer Oberfläche von über 10000 qm — Die Attraktion erstreckt sich:

1. auf **Wasser**. Läßt man durch einen vorher trockenen Boden größere Wassermengen hindurchlaufen, so gewinnt man nach dem Aufhören des Zuflusses nicht alles Wasser wieder, sondern ein Teil wird in dem Boden durch Flächenattraktion zurückgehalten. Dieser Rest gibt ein Maß für die wasserhaltende Kraft oder die sogen. „kleinste Wasserkapazität“ des Bodens. Je größer das gesamte Porenvolum und je größer der Prozentsatz der feinen Poren ist, um so mehr Wasser vermag im Boden zurückzubleiben. Bei reinem Kiesboden werden nur 12—13 Prozent der Poren dauernd mit Wasser gefüllt; 1 cbm Kiesboden vermag daher höchstens 50 Liter Wasser zurückzuhalten (1 cbm nimmt bei 38 Prozent Porenvolum 380 Liter in den gesamten Poren auf, in 13 Prozent derselben also 50 Liter). Dagegen findet man beim Feinsand etwa 84 Prozent feine Poren; 1 cbm solchen Bodens hält dementsprechend 320 Liter Wasser zurück. — Ist der Boden aus verschiedenen Korngrößen gemengt, so verringert sich schließlich die Wasserkapazität, weil das Gesamtvolum der Poren erheblich kleiner wird.

Die Bestimmung der Wasserkapazität erfolgt dadurch, daß ein mit trockenem Boden gefülltes, unten durch ein Drahtnetz verschlossenes Blech- oder Gasrohr gewogen und dann langsam in ein größeres Gefäß mit Wasser eingesenkt wird; ist das Wasser bis zur Oberfläche durchgedrungen, so hebt man das Rohr heraus, läßt abtropfen und wägt wieder.

Eine fernere Wirkung des Bodens gegenüber dem Wasser (oder anderen Flüssigkeiten) besteht in dem kapillaren Aufsaugungsvermögen. Nur die engsten Porenteile oder Poren vermögen solche Kapillarattraktion zu äußern und durch dieselben das Wasser seiner Schwere entgegen fortzubewegen. Oft wirken hier nur die feineren Ausläufer der Poren; die Füllung durch die gehobene Wassersäule erstreckt sich aber schließlich auf die ganzen Porenräume und ist daher bedeutender als die Wassermenge, welche der kleinsten Wasserkapazität entspricht.

Man prüft die Kapillarität durch aufrecht stehende Glaröhren, welche mit verschiedenem Boden gefüllt sind und mit ihrem unteren Ende in Wasser eintauchen; man beobachtet dabei teils die Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben wird, teils die Geschwindigkeit des Aufsteigens. Letztere ist in Kies und grobem Sand, der geringen Widerstände wegen, bedeutender; im Feinsand und namentlich im Lehm steigt die Säule erheblich langsamer; erreicht aber dafür eine Höhe von 120 cm und mehr.

2. **Wasserdampf und andere Dämpfe und Gase** werden durch Flachenwirkung im Boden absorbiert (unabhängig von einer Kondensation durch Temperaturerniedrigung). Energische Wirkung zeigt nur der feinporige, trockene Boden. Bekannt ist dessen momentane Absorption

riechender Gase; die aus Fäkalien, Faulflüssigkeiten usw. sich entwickelnden Gerüche, die riechenden Bestandteile des Leuchtgases usw. können durch eine Schicht feiner, trockener Erde vollständig zurückgehalten werden.

3. Absorption **gelöster Substanzen.** Verschiedene chemische Körper unterliegen einer Art absorbierender Wirkung durch chemische Umsetzung mit Hilfe gewisser Doppelsilikate des Bodens; in dieser Weise erfolgt die für den Ackerbau so wichtige Fixierung der Phosphorsäure, des Kalis und Ammoniaks.

Für uns ist eine Reihe von Absorptionserscheinungen von besonderer Bedeutung, die durch reine Flächenattraktion zustande kommen und sich namentlich gegenüber organischen Substanzen von hohem Molekulargewicht: Eiweißstoffen, Fermenten, Alkaloiden, Bakterientoxinen, Farbstoffen usw. geltend machen. Kohle, Platinschwamm, Tonfilter, kurz jeder poröse Körper mit großer Porenoberfläche zeigt ähnliche Wirkung. Von Bodenarten ist nur Humus, Lehm und feinster Sand zu stärkeren Effekten befähigt; bei Kies und Grobsand kommt keine merkliche Absorption zustande.

Am leichtesten zu demonstrieren ist die schnelle und gründliche Zurückhaltung der Farbstoffe; ferner die Retention der Gifte. Gießt man z. B. auf eine Röhre mit 400 ccm Feinsand sehr allmählich 1prozentige Strychninlösung (täglich etwa 10 ccm) oder eine entsprechende Lösung von Nikotin, Koniin usw., so ist in den nach einigen Tagen unten ablaufenden Portionen nichts von diesen Giften mehr nachzuweisen. — Am vollständigsten ist die Wirkung, wenn der Boden nicht mit Wasser gesättigt wird, sondern wenn die Poren zum Teil lufthaltig bleiben, oder wenn ein Wechsel von Befeuchtung und Trockenheit stattfindet. — Wählt man zu konzentrierte Lösungen oder bringt man zu schnell neue Portionen auf, so wird der Boden übersättigt und die Absorption bleibt unvollständig.

Für gewöhnlich bleibt es nicht nur bei der Fixierung der bezeichneten Stoffe, sondern es erfolgt auch Zerstörung und Oxydierung der organischen Moleküle; aller C und N wird vollständig mineralisiert, d. h. in Kohlensäure und Salpetersäure übergeführt, und nur diese Mineralisierungsprodukte findet man im Filtrat des Bodens. Allerdings ist die Zerstörung nicht etwa ausschließlich auf die Flächenattraktion und eine durch diese gesteigerte Oxydation zurückzuführen, sondern es sind hierbei saprophytische Mikroorganismen wesentlich beteiligt. Sterilisiert man den Boden, so tritt nur oberflächliche Zerlegung der organischen Stoffe ein; z. B. in den Versuchen mit Strychninlösung erscheint viel Ammoniak und sehr wenig Salpetersäure im Filtrat. Unter natürlichen Verhältnissen sind aber stets Mikroorganismen, welchen die Fähigkeit der Nitrifikation zukommt, im Boden vorhanden;

und daher leistet jeder feinporige Boden eine Mineralisierung der organischen Stoffe, sobald diese in nicht zu starker Konzentration und nicht zu häufig auf den Boden gebracht werden und sobald ferner eine wechselweise Füllung der Poren mit Wasser mit Luft stattfindet. — WINOGRADSKY ist die Isolierung einiger die Nitrifikation bewirkenden Bakterien durch Verwendung eines von organischem Nährstoff freien Nährbodens gelungen. Er fand zwei Arten (eine rundliche, zeitweise eine Geißel tragende Art, Nitrosomonas, und einen unbeweglichen Nitrosococcus), welche Ammoniak in Nitrit, und eine andere Art (einen sehr kleinen unbeweglichen Bazillus, Nitrobakter), welche Nitrit in Nitrat zu verwandeln vermögen, und anscheinend überall im Boden verbreitet sind. Ihren Bedarf an Kohlenstoff vermögen sie den kohlensauren Salzen oder der CO_2 der Luft zu entnehmen; dieser Bedarf ist im ganzen sehr gering gegenüber den N-Mengen, die sie oxydieren. — Bei konzentrierter Nährlösung und mangelndem Luftzutritt treten die Wirkungen der oxydierenden Bakterien in den Hintergrund und es werden dann andere Bakterienarten begünstigt, bei deren Lebenstätigkeit Reduktionsvorgänge ablaufen.

III. Temperatur des Bodens.

Das Verhalten der Bodentemperatur läßt sich entweder nach den für die Erwärmung des Bodens einflußreichen Momenten abschätzen oder durch direkte Messungen bestimmen.

Für die Erwärmung des Bodens kommt teils die Intensität und der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung (Neigung des Terrains) in Betracht; teils eine Reihe von Bodeneigenschaften: das Absorptionsvermögen für Wärmestrahlen, das bei dunklem Boden weit stärker ist als bei hellfarbigem; die Wärmeleitung und die Wärmekapazität, die namentlich in feuchtem, feinkörnigem Boden zu höheren Werten führen; endlich die Verdunstung resp. Kondensation von Wasserdampf, durch welche einer extremen Erwärmung und Abkühlung entgegengewirkt wird, und welche ebenfalls im feinkörnigen Boden am stärksten zur Wirkung gelangen. Dementsprechend weist ein grobkörniger, dunkler, trockener Boden die höchsten Wärme- und niedrigsten Kältegrade auf; während feinkörniger, feuchter Boden sich nachhaltiger, aber nicht so hochgradig zu erwärmen vermag. — Stellen des Bodens, welche stark mit organischen Stoffen verunreinigt sind, können außerdem durch die Fäulnis- und Oxydationsvorgänge eine Erwärmung bis zu einigen Graden über die Temperatur des umgebenden Bodens erfahren.

Die Messung lokaler Bodentemperaturen erfolgt dadurch, daß Eisenrohre (Gasrohr) bis zu verschiedener Tiefe in den Boden eingesenkt und in diese, unter möglichstem Abschluß gegen die Außenluft, unempfindlich gemachte Thermometer (deren Gefäß mit Kautschuk und Paraffin umhüllt ist) herab-

gelassen werden. — Zu fortgesetzten exakten Messungen dienen in die Erde eingefügte Gestelle von Holz oder Hartgummi, die nur da, wo die Thermometergefäße angebracht sind, von gut leitendem Material unterbrochen sind.

Aus den Beobachtungen geht hervor, daß, je mehr man sich von der Oberfläche nach der Tiefe hin entfernt, 1) die Exkursionen der Temperatur mehr und mehr verringert werden, 2) die Temperaturen sich zeitlich entsprechend verschieben, 3) die Schwankungen von kürzerer Dauer allmählich zum Schwinden kommen. — Schon in 0·5 m Tiefe kommt die Tagesschwankung fast gar nicht mehr zum Ausdruck; auch die Differenzen zwischen verschiedenen Tagen sind verwischt; die Exkursionen der Monatsmittel sind um mehrere Grade geringer; die Jahresschwankung beträgt nur noch ca. 10°. In 4 m Tiefe sinkt letztere bereits auf 4°, in 8 m Tiefe auf 1°. Zwischen 8 und 30 m Tiefe — verschieden je nach dem Jahresmittel der Oberfläche — stellt sich das ganze Jahr hindurch die gleiche mittlere Temperatur her und jede Schwankung fällt fort. Von da ab findet beim weiteren Vordringen in die Tiefe eine Zunahme der Temperatur statt infolge der Annäherung an den heißen Erdkern. Auf je 35 m steigt die Temperatur um etwa 1° (im Gotthardtunnel bis + 31°). — Die nachstehende Tabelle gibt einen genauen Überblick über die Bodentemperatur in den uns interessierenden Tiefen.

	Äußere Luft	Boden in			
		0·5 m Tiefe	1·0 m Tiefe	3·0 m Tiefe	6·0 m Tiefe
Januar	−3·1°	+1·8°	+3·7°	+7·8°	+11·3°
Februar	−0·3	2·0	4·2	7·2	10·5
März	+4·4	3·5	4·5	7·4	9·8
April	7·1	6·0	6·3	7·9	9·4
Mai	10·1	10·1	10·5	8·5	9·4
Juni	16·5	14·1	13·5	10·0	9·8
Juli	19·5	16·1	14·9	12·1	10·5
August	18·5	16·8	15·7	13·6	11·5
September	13·1	17·8	16·5	14·2	12·3
Oktober	10·7	13·7	14·4	13·2	12·8
November	5·1	8·2	10·2	11·7	12·6
Dezember	1·4	7·0	8·7	10·2	12·0

An der Bodenoberfläche können bei kräftiger Insolation auch in unseren Breiten sehr hohe Temperaturen zustande kommen; so beträgt das Maximum, welches mit dem geschwärzten Vakuumthermo-

meter beobachtet wurde, in Magdeburg im Mai + 44°, im Juni + 47°, im Juli + 54°.

Die Bodentemperatur erhält ihre **hygienische Bedeutung** einmal durch ihren Einfluß auf die lokalen klimatischen Verhältnisse; ferner durch ihre Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen. Es ist von großer Tragweite, daß schon in etwa 1 m Tiefe die höchste, längere Zeit herrschende Temperatur unter derjenigen bleibt, welche für eine ausgiebige Vermehrung pathogener Bakterien Bedingung ist. Dieses Verhalten der Temperatur allein ist ausreichend, um eine Wurcherung z. B. von Cholera-, Typhusbazillen usw. im tieferen Boden auszuschließen. — In heißen Klimaten, resp. im Sommer, werden übrigens an der äußersten Oberfläche die Temperaturen sogar so hoch, daß dieselben eine Schwächung und Tötung von Mikroorganismen zu veranlassen imstande sind.

IV. Chemisches Verhalten des Bodens.

Die verschiedenen Gesteine, aus welchen der Boden aufgebaut ist, enthalten hauptsächlich Kieselsäure, Kohlensäure, Tonerde, Kali, Natron, Kalk, Magnesia; alle diese aber in Verbindungen, die in Wasser unlöslich resp. in Spuren löslich und daher für die biologischen Vorgänge im Boden indifferent sind. Außer diesen mineralischen Bestandteilen enthält aber der städtische Boden in den Poren zwischen seinen Elementen noch vielfache Beimengungen, organische und anorganische Stoffe, aus den Abfallstoffen des menschlichen Haushalts, aus pflanzlichem und tierischem Detritus und aus den Niederschlägen stammend.

Die Untersuchung richtet sich vorzugsweise auf die Menge der vorhandenen verbrennlichen Stoffe, auf die Menge des Stickstoffs, sowie auf Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure usw.; letztere werden im wäßrigen Extrakt aus einer gewogenen Bodenprobe bestimmt. In vielen Fällen ist eine chemische Untersuchung des Bodens dadurch überflüssig, daß im Brunnenwasser der betreffenden Lokalität eine natürliche Lösung der uns interessierenden Bestandteile gegeben ist und daß die Wasseruntersuchung Rückschlüsse auf die Bodenbeschaffenheit gestattet (s. folg. Kap.).

Eine besondere Schwierigkeit bietet die Bestimmung des Wassergehalts des Bodens dadurch, daß es von Bedeutung ist zu erfahren, auf welchen Raum im Boden eine bestimmte Wassermenge sich verteilt. Da das spezifische Gewicht des aus verschiedenen Korngrößen gemengten Bodens stark variiert und das Volum also nicht einfach aus dem Gewicht entnommen werden kann, muß die zur Wasseruntersuchung bestimmte Bodenprobe entweder gleich mit einem Zylinder von bekanntem Volum ausgestochen oder es muß der ausgegrabene Boden nachträglich so dicht als möglich in ein Gefäß von bekanntem Volum eingestampft werden. Die Probe wird dann gewogen, an der Luft ge-

trocknet, bis keine Gewichtsabnahme mehr eintritt, und eventuell noch einer Temperatur von 100° ausgesetzt, um auch das hygroskopische Wasser zu entfernen. Die Berechnung erfolgt schließlich in Liter Wasser pro 1 cbm Boden.

Die **hygienische Bedeutung** der chemischen Beschaffenheit des Bodens ist in früherer Zeit sehr hoch angeschlagen. Namentlich war man der Meinung, daß ein Boden um so disponierter zur Verbreitung von Infektionskrankheiten sei, je höheren Gehalt an organischen Stoffen er zeigt. Die verunreinigenden Abfallstoffe im Boden sollten das Nährmaterial für die Entwicklung von Infektionserregern darstellen; und wo der Boden frei von größeren Mengen organischer Stoffe blieb, sollte keine Möglichkeit bestehen zur Ausbreitung von Infektionskrankheiten.

Diese Ansicht stieß jedoch bereits früher auf manchen Widerspruch, indem z. B. Städte und Stadtteile mit hervorragend stark verunreinigtem Untergrund von Typhus, Cholera usw. relativ verschont blieben, während hartnäckige Infektionsherde auf geringer verunreinigtem Boden lagen.

Seit die Kulturbedingungen der pathogenen Bakterien genauer studiert sind, kann nicht mehr angenommen werden, daß ein mehr oder weniger der in Rede stehenden Abfallstoffe einen so entscheidenden Einfluß auf die Lebens- und Vermehrungsfähigkeit der Infektionserreger ausübt, daß sich ein Parallelismus zwischen Bodenvereinigung und Ausbreitung der Infektionskrankheiten herstellt. Die in den Boden gelangenden Abfallstoffe enthalten stets Massen von Saprophyten; deren Wucherung schreitet im Boden rasch weiter vor, und in der Konkurrenz mit diesen und bei den ungünstigen Temperaturverhältnissen des Bodens kann ein Unterschied in der Menge der Abfallstoffe, wie er zwischen gedüngtem Ackerland und städtischem Boden oder zwischen dem Untergrund der einen oder anderen Stadt innerhalb der Kulturländer vorkommt, den Infektionserregern nicht zu wesentlich besserem Wachstum verhelfen.

Die Beziehung zwischen dem Grade der Imprägnierung des Bodens mit Abfallstoffen und der Frequenz der Infektionskrankheiten liegt vielmehr vorzugsweise darin, daß dort, wo die Abfallstoffe in geringem Grade in den Boden gelangen, Einrichtungen zu bestehen pflegen, durch welche die Hauptmasse der Abfallstoffe, damit zugleich aber auch Massen von Infektionserregern aus dem Bereich der Menschen entfernt werden; daß dagegen in den Städten, wo alle Abfallstoffe ohne Vorsichtsmaßregeln dem Boden überantwortet werden, auch zahlreiche Infektionserreger in der nächsten Umgebung der Menschen verbleiben.

Der Gehalt des Bodens an organischen Substanzen führt nur dann zur Benachteiligung der Bewohner, wenn auf und in dem Boden so intensive Fäulnisprozesse verlaufen, daß riechende Produkte sich in merkbarer Menge der atmosphärischen oder der Wohnungsluft beimischen (s. unten).

V. Die Bodenluft.

Die Poren des Bodens sind bald nur zum Teil, bald ganz mit Luft erfüllt. Diese Luft stellt gleichsam eine Fortsetzung der Atmosphäre dar und steht mit letzterer in stetem Verkehr. Die Bodenluft kann sich unter bestimmten Bedingungen über die Bodenoberfläche erheben und der atmosphärischen Luft beimengen; umgekehrt wird sie aus dieser ergänzt.

Ein **Ausströmen** der Bodenluft ist namentlich in folgenden Fällen denkbar: 1. wenn das Barometer sinkt und die Bodenluft dementsprechend sich ausdehnt; 2. wenn heftige Winde auf die Erdoberfläche drücken, während auf die von Häusern bedeckten Stellen dieser Druck nicht einwirkt; hierdurch muß ein Eindringen von Bodenluft in die Häuser stattfinden können; 3. in ähnlicher Weise wirken stärkere Niederschläge, welche auf der freien Erdoberfläche einen Teil der Poren mit Wasser füllen und dabei eine Spannung der Bodenlutt veranlassen, die sich eventuell durch Abströmen in die Wohnhäuser ausgleicht; 4. als Folge von Temperaturdifferenzen. Besonders kann während der Heizperiode ein Überdruck seitens der kälteren Bodenluft und entsprechendes Einströmen derselben in das erwärmte Haus beobachtet werden.

Direkte Messungen (mit empfindlichen Manometern oder besser mit Recknagels Differentialmanometer angestellt) ergeben indes, daß tatsächlich nur selten ein merkliches Einströmen von Bodenluft in die Wohnhäuser stattfindet. Sobald die Sohle des Hauses aus einigermaßen dichtem Material (Pflaster) besteht, sind die Widerstände für eine ausgiebigere Luftbewegung dort zu groß und der Ausgleich von Druckdifferenzen erfolgt ausschließlich durch die größeren Kommunikationen, welche zwischen Außenluft und Hausluft stets vorhanden zu sein pflegen. — Fehlt die Pflasterung der Kellersohle, so läßt sich bei durchlässigem Boden im Mittel ein Überdruck von 0·05 mm Wasser konstatieren, entsprechend einer Geschwindigkeit der Luftbewegung von 0·03 m pro Sekunde. Bei heftigem Sturm ist ein Ansteigen des Überdruckes auf 0·75 mm (= 0·1 m Geschwindigkeit) beobachtet.

Die **chemische** Analyse weist in der Bodenluft eine stete Sättigung mit Wasserdampf nach; eine große Menge von CO_2 (0·2—14 Prozent, im Durchschnitt 2—3 Prozent); eine entsprechend geringere Menge O, der zur Bildung der CO_2 verbraucht war.

Außerdem enthält die Bodenluft noch Spuren von NH_3 und geringe Mengen anderer Zersetzungsgase. In tiefen Brunnenschächten kommt es eventuell zu toxischer Wirkung seitens der Bodenluft durch exzessive Anhäufung von CO_2 und O-Mangel, äußerst selten durch beigemengten H_2S und Kohlenwasserstoffe. (Über Leuchtgasvergiftung aus Straßenrohren s. unter Kapitel „Beleuchtung".)

Früher hat man geglaubt in der CO_2 der Bodenluft einen Maßstab für die Verunreinigung des Bodens mit organischen Substanzen zu besitzen. Allerdings findet man hohe CO_2-Zahlen nur in einem Boden, der mit organischen Stoffen imprägniert war; in der Lybischen Wüste dagegen nicht mehr, wie in der Atmosphäre. Aber als ein richtiger Ausdruck für den Grad der Vereinigung ist der CO_2-Gehalt doch nicht zu gebrauchen. Die Produktion von CO_2 schwankt nicht allein nach der Menge des vorhandenen zersetzlichen Materials, sondern auch nach der Temperatur, dem Grad der Durchfeuchtung usw.; und vor allem ist die Konzentration der CO_2 außer von der Produktion noch abhängig von der Luftbewegung im Boden; bei großer Permeabilität des Bodens und unter dem Einfluß kräftig ventilierender Winde bleibt der CO_2-Gehalt der Bodenluft niedrig, während die nämliche Produktion bei einem dichten Boden und bei fehlenden Winden hohen CO_2-Gehalt bewirkt.

Mikroorganismen werden in der Bodenluft ausnahmslos vermißt. Nur von der äußersten Oberfläche werden im Freien mit den Bodenpartikelchen Mikroorganismen losgerissen und als Staub in die Luft übergeführt; die aus dem Boden unterhalb der Oberfläche stammende Luft ist dagegen wegen ihrer überaus schwachen Bewegung und ihrer steten Sättigung mit Wasserdampf nicht imstande Mikroorganismen fortzuführen; und wenn dies etwa geschähe, so müßten die Bakterien beim Durchstreichen der Luft durch die darüber liegende Bodenschicht völlig zurückgehalten werden, da ja schon dünne Erdschichten nachweislich ein völlig dichtes Filter für Luftbakterien darstellen.

Auch in die Wohnhäuser werden mit der Bodenluft niemals Bakterien eingeführt. Dort kann nicht einmal eine Ablösung von der äußersten Oberfläche erfolgen, weil an der Kellersohle des Hauses der erforderliche Grad von Austrocknung und die zum Losreißen und Fortführen des Staubes notwendige Windstärke fehlt.

Da somit eine infektiöse Wirkung der Bodenluft durch ihre Keimfreiheit auszuschließen ist, kommen für eine **hygienische Bedeutung** der Bodenluft nur toxische oder übelriechende gasförmige Bestandteile in Betracht, die mit der Bodenluft in die Atmosphäre oder in die Wohnungsluft gelangen. Wenn namentlich die Kellerpflasterung

fehlt, so kann unter der Einwirkung der oben aufgezählten treibenden Kräfte übelriechende CO_2-reiche Luft in großer Menge in die Wohnhäuser eindringen. Ein toxischer Effekt kommt hierdurch (außer bei Leuchtgasausströmungen) zwar nicht zustande; wohl aber kann eine hygienische Beeinträchtigung, wie sie S. 84 beschrieben ist, aus der dauernden Luftverunreinigung resultieren. — Übrigens ist durch Dichtung der Kellersohle des Hauses bezw. durch dichte Pflasterung der Straßen das Einströmen der Bodenluft leicht ganz zu verhindern

---

VI. Verhalten des Wassers im Boden.

Im porösen Boden begegnen wir gewöhnlich in einer Tiefe von einigen Metern einer mächtigen Wasseransammlung, die als „Grundwasser“ bezeichnet wird; die darüber gelegenen Schichten zeigen einen geringeren und wechselnden Wassergehalt. Beide Zonen erfordern eine gesonderte Betrachtung.

A. Das Grundwasser.

Bodenwasser oder Grundwasser nennt man jede ausgedehntere unterirdische Wasseransammlung, welche die Poren des Bodens völlig und dauernd ausfüllt. In einem durchlässigen Boden kann eine solche Ansammlung nur dadurch zustande kommen, daß undurchlässige Schichten, Felsen, Ton- oder Lehmlager das Wasser tragen und am Tieferfließen hindern. Oft finden sich mehrere Etagen von undurchlässigen Schichten und darauf gelagertem Grundwasser übereinander, die dann an einzelnen Stellen kommunizieren; manchmal haben die Ton- und Lehmlager nur geringe Ausdehnung, bilden kleine Inseln, auf welchen sich eine geringe und nicht konstante Wasseransammlung etabliert (sogenanntes „Schicht-“ oder „Sickerwasser“).

Das Grundwasser paßt sich im ganzen der Oberfläche der tragenden undurchlässigen Schicht an, ohne daß jedoch kleinere Erhebungen und Senkungen die Gestalt des Grundwasserniveaus beeinflussen. Die Bodenoberfläche dagegen zeigt oft starke Abweichungen vom Verlauf sowohl der undurchlässigen Schicht wie des Grundwasserspiegels (vergl. das Profil S. 117).

Die **Quellen** des Grundwassers sind 1. die Niederschläge, oder richtiger derjenige Bruchteil der Niederschläge, welcher bis zum Grundwasser gelangt, also nicht oberflächlich abfließt und auch nicht nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Es ist bereits oben (S. 56) betont, daß der das Grundwasser speisende Anteil der Nieder-

schläge verschieden groß ist nach der Neigung des Terrains, der Durchlässigkeit und Temperatur des Bodens und der austrocknenden Kraft der Luft; daß ferner auch die Art des Regenfalles von Belang ist. Bei abschüssigem, felsigem Boden, ebenso bei sehr warmem Boden und sehr trockener Luft gelangt nur wenig von den Niederschlägen in die Tiefe; dagegen läßt ein poröser, kalter, ebener Boden relativ große Mengen zum Grundwasser durchtreten. 2. Kondensation von atmosphärischem Wasserdampf, die jedoch nur dann etwas leistet, wenn die Außenluft erheblich wärmer ist als der Boden und relativ viel Feuchtigkeit enthält, also in den Monaten April bis September; auch in dieser Jahreszeit aber nur an einzelnen Tagen und in unbeträchtlicher Menge. 3. Zuströmung von Grundwasser von anderen Orten. Wenn die undurchlässige Schicht und dementsprechend das Niveau des Grundwassers stärkere Neigung zeigt und wenn gleichzeitig der Boden leicht durchlässig ist, kommt eine deutliche horizontale Fortbewegung des Grundwassers zustande, die den Grundwasserstand an tieferen Punkten wesentlich beeinflussen kann. Bei dichteren Bodenarten und geringen Niveaudifferenzen fehlt eine solche Bewegung, und die Grundwassermasse kann als stagnierend angesehen werden. 4. Flüsse. Meist liegt das Grundwasser tiefer als das Flußbett, und man wird dann leicht zu der Annahme geführt, daß Wasser aus dem Fluß oder Bach in das Grundwasser übertreten müsse. Dennoch ist dies vielfach nicht der Fall. Die Betten der Flußläufe sind oft durch allmähliche Ablagerung lehmiger oder toniger Massen vollkommen wasserdicht geworden, so daß selbst bei starken Niveaudifferenzen kein Durchtritt von Wasser stattfindet. Werden unmittelbar neben einem solchen Flußbett Brunnenschächte in das Grundwasser gegraben, so läßt sich durch die Resultate der chemischen Untersuchung, z. B. durch das Gleichbleiben des Härtegrades, noch leichter und genauer durch vergleichende Temperaturbeobachtungen feststellen, daß kein Wasser von dem höher liegenden Flusse in das Grundwasser dringt. Fehlen aber verschlammende Bestandteile im Flusse und besteht das Bett aus lockerem Sand, dann erfolgt eine Speisung des Grundwassers vom Flusse aus. In besonders hohem Grade kann ein Durchtritt von Flußwasser zum Grundwasser stattfinden, wenn der Fluß abnorm hohes Wasser führt bzw. künstlich gestaut ist oder gar anstoßendes Gelände überschwemmt.

Unter und neben dem Flußlauf zieht der breite Grundwasserstrom der Niederung zu; hier und da tritt das Grundwasser in Form von Seen oder Sümpfen zutage; allmählich, bei größerer Annäherung ans Meer, durchdringt es die oberen Bodenschichten und kommt in den

Marschen an die Oberfläche. Langsam, aber in ungeheurer Masse vollzieht sich diese unterirdische Wasserbewegung. Zuweilen wird sie in ihrem natürlichen Abfluß gehemmt durch das Anschwellen der Flüsse, welche das ganze Tal ausfüllen; dann kommt es zu einem Aufstauen des Grundwassers, und eine solche Stauwelle addiert sich eventuell zu der durch den Zutritt von Flußwasser bewirkten Anschwellung des Grundwassers.

Von besonderem Interesse sind die **zeitlichen Schwankungen** des Grundwasserniveaus, die man dadurch mißt, daß man den Abstand der Grundwasseroberfläche von der Bodenfläche ermittelt.

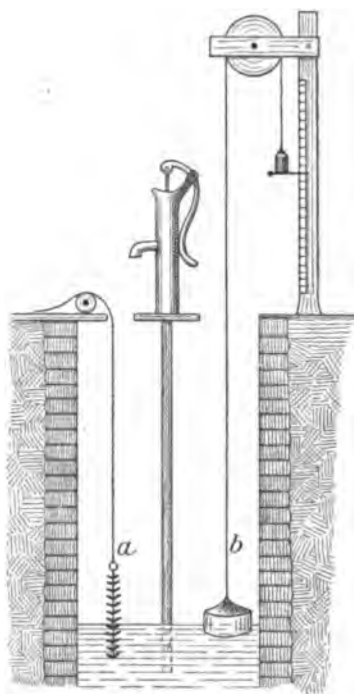


Fig. 6. Grundwassermessung. Schematischer Durchschnitt durch einen Grundwasserbrunnen. Bei *a* Messung mit PETTENKOFERS Schälchenapparat; bei *b* Schwimmer mit oben abzulesendem Zeiger.

Die Messung wird gewöhnlich an Schachtbrunnen ausgeführt, die bis ins Grundwasser reichen; die Bohlendeckung des Schachtes wird abgehoben und ein Metermaß, an dessen Ende sich ein Schwimmer oder ein sogen. Schalenapparat befindet (ev. auch eine mit Kreide bestrichene Holzleiste), herabgelassen. Mit Hilfe dieser Instrumente ist der Abstand zwischen oberer Kante der Brunnenvierung und der Wasseroberfläche genau zu messen. Bei dichtem Boden darf mehrere Stunden vor der Messung nicht an dem Brunnen gepumpt werden; besser werden in einem Terrain, wo sicher keine künstliche Senkung des Grundwasserspiegels zu befürchten ist, besondere eiserne Standrohre benutzt. Jener obere Rand der Vierung, oder irgendeine andere leicht kenntliche, festliegende Marke, bis zu welcher der Abstand jedesmal gemessen wird, ist der lokale Fixpunkt.

In solcher Weise beobachtet man an ein und derselben Station erhebliche zeitliche Schwankungen. Man ermittelt einmal den höchsten und niedrigsten Stand, der im Laufe der Jahre erreicht wird; das Maximum ist uns wichtig für die Fundamentierung unserer Häuser, die womöglich nicht unter dieses Maximum herabreichen soll; und das Minimum ist da von Bedeutung, wo man den Wasserbedarf aus Brunnen bezieht. Zweitens beobachtet man die Schwankungen innerhalb des Jahres und der Jahreszeiten; und dieser Messung kommt ein Interesse

zu, weil sie uns Aufschluß gibt über gewisse gleich zu besprechende Zustände der obersten Bodenschichten.

In der norddeutschen Ebene verhalten sich die Schwankungen des Grundwassers im ganzen so, daß auf den April das Maximum, auf den September oder Oktober das Minimum fällt. Das liegt nicht etwa wesentlich an der Regenverteilung, sondern wie aus der untenstehenden Tabelle ersichtlich ist, an dem Sättigungsdefizit der Luft und der hohen Bodentemperatur, welche im Sommer allen Regen zum Verdunsten bringen und nur den Winter- und Frühjahrsniederschlag in den Boden eindringen lassen. — Anders ist es in München; dort fällt vorherrschend Sommerregen in verhältnismäßig sehr großen Massen und ebendort ist zur selben Zeit das Sättigungsdefizit erheblich geringer. Offenbar dringt denn auch in München der Sommerregen bis zum Grundwasser durch und bewirkt dort einen wesentlich anderen Typus der Grundwasserbewegung, nämlich Hochstand im Juni bis August,

	Berlin			München		
	Niederschläge in mm	Sättigungsdefizit in mm	Grundwasser in m üb. d. Meere	Niederschläge in mm	Sättigungsdefizit in mm	Grundwasser in m üb. d. Meere
Januar . . .	40·3	0·71	32·42	53·3	0·15	515·55
Februar . .	34·8	0·91	32·79	29·6	0·41	515·55
März	46·6	1·55	32·88	48·5	0·81	515·60
April	32·1	2·73	32·96	55·6	1·78	515·64
Mai	39·8	3·95	32·88	95·1	2·34	515·67
Juni	62·2	5·13	32·69	111·9	3·00	515·72
Juli	66·2	5·64	32·56	108·8	3·43	515·73
August . . .	60·2	4·83	32·45	104·4	3·13	515·72
September .	40·8	3·77	32·40	68·1	1·98	515·63
Oktober . . .	57·5	1·72	32·38	53·1	0·93	515·54
November .	44·5	1·01	32·47	50·0	0·39	515·49
Dezember .	46·2	0·59	32·50	42·9	0·20	515·51

tiefsten Stand im November bis Dezember. Allerdings wirkt hierbei noch ein wesentlicher Faktor — die Durchlässigkeit des Bodens — mit, dessen Einfluß unten zu erörtern ist.

Beim Studium der Untergrundverhältnisse einer Stadt muß man ferner versuchen, eine Vorstellung von der Gestalt der Grundwasseroberfläche zu bekommen. Da die verschiedenen lokalen Fixpunkte infolge der Unebenheiten der Bodenoberfläche sehr verschiedene Abstände auch von dem gleichen, ebenen Grundwasserniveau zeigen, sind die an verschiedenen Orten für den

Grundwasserabstand gewonnenen Zahlen nicht direkt vergleichbar und man muß die lokalen Fixpunkte auf einen gemeinsamen oberen oder unteren Fixpunkt einnivellieren. Dabei geht man gewöhnlich aus von der Oberkante der Schienen des Bahnhofs, deren Höhenlage über dem allgemeinen Nullpunkt, dem Spiegel der Nordsee (Marke bei Wilhelmshafen) oder der Ostsee resp. des adriatischen Meeres, bekannt ist. In dieser Weise werden die Höhen der Lokalfixpunkte über dem gemeinsamen Nullpunkt und nach Abzug des Abstandes der Grund-

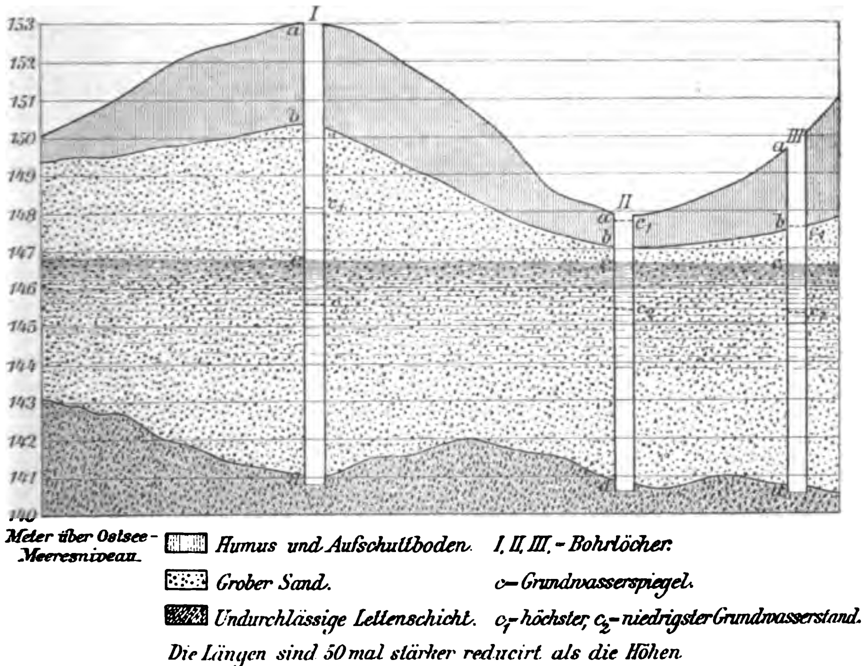


Fig. 7. Bodenprofil.

wasseroberfläche vom lokalen Fixpunkt, die Höhenlage jedes Punktes der Grundwasseroberfläche über dem allgemeinen Nullpunkt erfahren und aufgezeichnet.

Die Darstellung der Resultate erfolgt am besten durch Profile ähnlich der vorstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 7). Die Stadt wird in eine Anzahl von Bohrlinien zerlegt und von jeder Bohrlinie gewinnt man ein Profil, indem in gewissem Abstand Bohrlöcher in den Boden getrieben werden, deren horizontaler Abstand untereinander und deren Höhenlage über dem allgemeinen Nullpunkt auf der Zeichnung markiert wird. Der beim Bohren ausgehobene Boden wird beobachtet und gesammelt; sobald Proben neuer Schichten (von anderer Korngröße, Farbe usw.) herausgefördert werden, wird die Tiefe des Bohrloches gemessen und auf dem Profil ist dementsprechend die Höhenlage des Beginnes der neuen Schicht über dem allgemeinen Nullpunkt einzuzeichnen. Verbindet man dann auf dem Profil die Punkte der verschiedenen Bohrlöcher, an welchen die Beschaffenheit des Bodens wechselt, so erhält man

ein Bild der Neigung der einzelnen Bodenschichten und insbesondere auch der undurchlässigen Schicht. — Um ferner das Grundwasserniveau zu erhalten, wird der Abstand des Grundwassers von der Bodenoberfläche in den verschiedenen Bohrlöchern gemessen und die augenblickliche Höhe über dem allgemeinen Nullpunkt, bei länger fortgesetzten Messungen auch das Maximum und das Minimum, auf dem Profil eingetragen; die Verbindungslinie dieser Punkte ergibt dann die Gestalt der Grundwasseroberfläche.

Bei der Zeichnung der Profile werden übrigens gewöhnlich die Längen in viel (50fach und mehr) stärkerem Maße reduziert als die Höhen; bei gleichmäßiger Reduktion würden die Höhendifferenzen kaum sichtbar werden. — Auch Karten, auf denen Isohypsen (d. h. Horizontale, welche die Punkte gleicher Erhebung über dem Nullpunkt miteinander verbinden) der Bodenoberfläche, des Grundwasserniveaus und der Oberfläche der undurchlässigen Schicht eingetragen sind, geben anschauliche Bilder von den Verhältnissen des Untergrundes.

Die horizontale Fortbewegung des Grundwassers wird dadurch gemessen, daß man an einer Reihe von umliegenden Brunnen die Zeit des Eintritts von Niveauänderungen beobachtete, während an einem Brunnen durch ausgiebiges Pumpen eine starke Depression des Niveaus hergestellt wurde; oder dadurch, daß man feststellt, wie lange Zeit die durch Hochwasser eines Flusses erzeugte Flutwelle gebraucht, um sich zu verschiedenen Stationen der Grundwasserbeobachtung fortzupflanzen. Ferner ist an den Deichen nach Hochwasser die Durchtrittszeit des eingedrungenen Wassers ermittelt. — Es hat sich bei diesen Messungen herausgestellt, daß die Fortbewegung sehr verschieden ist je nach der Bodendurchlässigkeit und der Neigung der undurchlässigen Schicht, unter allen Umständen aber außerordentlich langsam. Die bisher gefundenen Werte betragen 3—8—35 m pro 24 Stunden, im Mittel nur etwa 25 cm pro Stunde.

B. Das Wasser der oberen Bodenschichten.

In den über dem Grundwasser gelegenen Bodenschichten unterscheiden wir 3 Zonen (Hofmann):

1. Die Verdunstungszone, die von der Oberfläche soweit herabreicht, wie sich noch eine austrocknende Wirkung der atmosphärischen Luft bemerkbar macht, und wo also der Wassergehalt eventuell unter die kleinste Wasserkapazität des Bodens sinken kann. Hat in dieser Zone einmal stärkere Austrocknung bis zu gewisser Tiefe stattgefunden, so ist dieselbe imstande sehr große Wassermengen zurückzuhalten. Dichter Boden faßt pro 1 qm bis zu 25 cm Tiefe 40—50 Liter Wasser (vgl. S. 105), da aber ein Regenfall von 10 mm Höhe nur 10 Liter Wasser auf 1 qm liefert, so können mehrfache starke Niederschläge vollauf in den Poren dieser Zone Platz finden. Je nachdem der Boden mehr oder weniger feine Poren enthält, wird natürlich die zurückgehaltene Regenmenge verschieden groß sein; in einigermaßen feinporigem Boden ist aber im Sommer unseres Klimas die Austrocknung immer so bedeutend, daß dann gar nichts, weder

von Regen noch von verunreinigenden Flüssigkeiten, in die Tiefe eindringt, sondern daß alles in der oberflächlichen, wie ein trockener Schwamm wirkenden Zone zurückbleibt. — Rasche Sättigung der Verdunstungszone kann durch Überschwemmungswasser eintreten.

2. Unterhalb der Verdunstungszone folgt eine Schicht, die von der austrocknenden Wirkung der Luft nicht mehr erreicht wird, in der aber andererseits keine vollständige Füllung der Poren mit Wasser bestehen kann, weil die den Ablauf hemmende, undurchlässige Schicht noch zu weit entfernt ist. In dieser „Durchgangszone" muß also stets so viel Wasser in den Poren vorhanden sein, wie der wasserhaltenden Kraft des Bodens entspricht. Bei feinporigem Boden repräsentiert dies immerhin eine sehr bedeutende Wassermenge, im Mittel verschiedener direkter Bestimmungen 150 bis 350 Liter in 1 cbm Boden. Es ist leicht zu berechnen, daß in einer 1—2 m hohen Schicht solchen Bodens die Niederschläge eines ganzen Jahres haften bleiben. Bei einiger Ausdehnung der Durchgangszone stellt dieselbe also ein enorm großes Wasserresevoir dar.

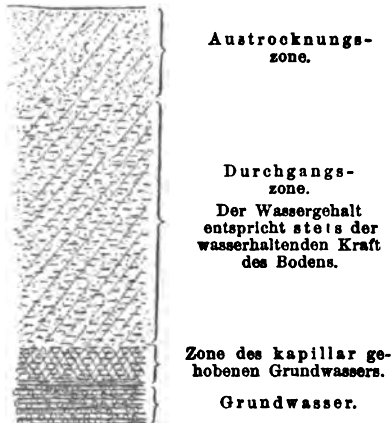


Fig. 8. Wassergehalt der oberen Bodenschichten.

3. Zwischen Durchgangszone und dem Grundwasser befindet sich die Zone des durch Kapillarität gehobenen Wassers. Je nach der Porengröße der über dem Grundwasser liegenden Schicht wird dasselbe wenige Zentimeter bis eventuell 1 m und mehr gehoben und füllt dann fast sämtliche Poren des Bodens.

Der Durchtritt von irgendwelchen Flüssigkeiten, Niederschlägen, verunreinigenden Abwässern usw. zum Grundwasser erfolgt durch die genannten 3 Zonen in wesentlich verschiedener Weise, je nachdem grob- oder feinporiger Boden vorliegt.

In grobporigem Kiesboden sind breite, zugängliche Wege vorhanden; in diesen findet ein rasches Fortbewegen aller Flüssigkeiten in jeder Jahreszeit statt. Auch im Sommer gelangen die Niederschläge rasch zum Grundwasser. Verunreinigungen werden durch stärkere Niederschläge schnell in die Tiefe gespült. Nur in den feineren Porenanteilen (Seitenstraßen) können Verunreinigungen längere Zeit haften bleiben.

In feinporigem Boden fehlt es an den breiteren Straßen; es kommt in den vorhandenen engen Wegen nur zu einem langsamen Fortrücken Schicht um Schicht, so daß die unten ans Grundwasser reichende Wasserzone von der oberen in bezug auf ihr chemisches und bakteriologisches Verhalten total verschieden sein kann. Ist die Durchgangszone stark entwickelt, so muß es enorm lange, 1—3 Jahre und mehr dauern, bis die auf die Oberfläche des Bodens gelangenden Niederschläge das Grundwasser erreichen. Ebenso werden alle Verunreinigungen nur ganz langsam tiefer gespült und dringen meist erst nach Jahren bis zum Grundwasser vor. — Nur in Überschwemmungsgebieten kann unter dem Druck der überlagernden Wasserschicht ein schnelleres Vorrücken des Wassers der Durchgangszone erfolgen.

Unter den Häusern und unter gepflastertem Boden, wo keine neuen Flüssigkeiten in den Boden gelangen, stagniert die ganze im Boden enthaltene Wassermasse und ein Weiterrücken der Niederschläge oder der Verunreinigungen findet überhaupt nicht mehr statt.

Über den jeweiligen Feuchtigkeits- und Reinlichkeitszustand der oberen Bodenschichten bekommen wir nun wichtige Auskunft durch die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels. Sinkt derselbe, so wird dadurch angezeigt, daß tiefer spülende Zuflüsse von oben spärlicher geworden sind oder aufgehört haben; dies kann — abgesehen von lokaler Änderung der Bodenfläche, Pflasterung usw. — vorzugsweise dadurch bewirkt sein, daß sich oben eine größere trockene Zone gebildet hat, in welcher von da ab alle Niederschläge und ebenso alle Verunreinigungen, Abfallstoffe usw. verbleiben. Steigen des Grundwassers erfolgt dagegen erst dann, wenn die trockene Zone wieder entsprechend der kleinsten Wasserkapazität mit Wasser gesättigt ist und nunmehr ein Vorrücken der ganzen Wassermasse und Tieferspülen der Verunreinigungen stattfinden kann.

Der verschiedene Gang der Grundwasserbewegung in dem feinporigen Berliner Boden einerseits, in dem grobporigen Münchener Boden andererseits wird hierdurch verständlich. (Vgl. Tab. S. 116). In Berlin finden die Niederschläge des Winters keine ausgetrocknete Bodenschicht vor; dieselbe ist vielmehr mit Wasser gesättigt, der Boden kalt. Kommt es einmal zum Aufhören der Niederschläge, so stellt sich doch höchstens eine ganz geringfügige trockene Zone her. Ehe nur der Grundwasserspiegel durch die fortlaufende Wasserentnahme und den fehlenden Zufluß sinken kann, kommen neue Niederschläge, die sofort die Kontinuität der Wassermassen wieder herstellen. Dann aber treten die hohen Temperaturen und das starke Sättigungsdefizit des Mai und Juni in Aktion. Setzen jetzt die Niederschläge eine Zeitlang aus, so ist sofort eine beträchtliche Austrocknungszone da, die nicht mehr — oder nur in Ausnahmefällen — wieder von den nächsten Niederschlägen ausgefüllt werden kann.

Dann sinkt das Grundwasser und damit ist der Verbleib aller auf die Bodenoberfläche gelangenden Flüssigkeit in der obersten Zone angezeigt. Erst nach dem Eintritt niederer Temperatur und höherer Feuchtigkeit sind anhaltende Niederschläge imstande, die starke Schicht trockenen Bodens ausreichend zu füllen.

In München vermag der grobporige Boden viel weniger Wasser zu fassen und eine trockene Zone hat daher einen viel geringeren Effekt. Zu einem längeren Aufhören aller Zuflüsse zum Grundwasser kommt es kaum. Namentlich aber dringt im Sommer von den massenhaft niedergehenden Niederschlägen ein großer Teil zum Grundwasser durch; eine trockene Zone stellt sich in dieser Zeit immer nur vorübergehend her; alle Verunreinigungen werden kräftig in die Tiefe gespült. Erst im Spätsommer und Herbst, wenn die Niederschläge nachlassen, kommt es zu länger dauernder Trockenheit des oberflächlichen Bodens, zum Verbleib der Verunreinigungen in der obersten Schicht und zum Sinken des Grundwassers. Diese Periode dauert aber viel kürzer und das Absinken des Grundwassers ist erheblich geringer, als im feinporigen Boden; bereits im Dezember beginnt wieder eine Durchfeuchtung des Bodens und ein Ansteigen des Grundwassers, das bis zum August anhält.

Übrigens haben die geschilderten Verhältnisse nur Geltung für eine gewisse durchschnittliche Beschaffenheit des natürlichen Bodens. Feinporiger, lehmhaltiger Boden kann durch Bearbeitung (z. B. auf Äckern, Rieselfeldern) künstlich gelockert werden, so daß sich gröbere Spalten und Risse bilden, durch welche ein Teil der Flüssigkeiten rasch in größere Tiefen gelangt. Auch durch Pflanzenwurzeln, durch Ratten, Maulwürfe, Regenwürmer können abnorme Wege für die Beförderung von Flüssigkeiten im Boden geschaffen werden.

Hygienische Bedeutung des Grundwassers. Während ein zu großer Abstand des Grundwassers von der Bodenoberfläche nur die Beschaffung von Trink- und Nutzwasser erschwert, hat ein zu geringer Abstand erheblich größere Nachteile im Gefolge. Hält sich das Grundwasser während eines größeren Teils des Jahres nahe der Bodenoberfläche, so entsteht sumpfiges, eventuell zu Malaria disponierendes Terrain; rückt dasselbe nur vorübergehend nahe an die Bodenoberfläche heran, so sind die Fundamente der Häuser gefährdet, das Grundwasser dringt in die Keller, macht diese unbenutzbar und hinterläßt noch lange nach dem Absinken eine abnorme Feuchtigkeit der Wandungen. — Teils durch Drainierung und Kanalisierung, teils durch Aufschüttung kann diesem Einfluß begegnet werden (s. Kap. „Wohnung").

Die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserniveaus haben dadurch Bedeutung, daß sie uns in der oben erörterten Weise für den Feuchtigkeitszustand und die Verunreinigung der obersten Bodenschichten einen Maßstab liefern. Dieser ist um so wertvoller, als eine direkte Bestimmung des Wassergehalts des Bodens auf Schwierigkeiten stößt (s. S. 109). In dieser Beziehung ist aber die Grundwasserschwankung nur ein Maßstab, eine Art Uhr; wollten wir etwa durch künstliche Mittel (Drainage) die Grundwasserschwankungen

verringern oder beseitigen, so werden wir damit nicht immer den Feuchtigkeitszustand der oberen Bodenschichten ändern; sicher aber werden wir bewirken, daß die Uhr, die uns bisher in richtiger Weise über diesen Zustand belehrt hat, fortab nicht mehr richtig zeigt und als Maßstab nicht zu verwenden ist.

VII. Die Mikroorganismen des Bodens.

Die Untersuchung des Bodens auf Mikroorganismen erfolgt in der Weise, daß man mit einem kleinen Platinlöffel, der etwa $^1/_{50}$ ccm faßt, eine Probe aussticht, in Gelatine bringt, mit dem Platindraht möglichst zerkleinert, und dann das Röhrchen ausrollt. Sehr wichtig ist es, die Untersuchung unmittelbar nach der Probenahme vorzunehmen, da bei der höheren Temperatur des Laboratoriums und nach Luftzutritt sehr rasche, meist kolossale nachträgliche Vermehrung der Bakterien eintritt. — Aus tieferen Schichten entnimmt man Proben mittels eines besonderen Bohrers, der sich erst in der gewünschten Tiefe öffnet und dann wieder schließt.

Zahl und Verteilung der Bodenbakterien. Die angestellten Untersuchungen haben gezeigt, daß der Boden das wesentlichste Reservoir der Mikroorganismen darstellt. Es finden sich im Durchschnitt selbst im sogenannten jungfräulichen, unbebauten Boden ca. 100000 Keime in 1 ccm Boden, oft noch erheblich mehr. Ferner ist ermittelt, daß weitaus die größte Zahl dieser Mikroorganismen an der Oberfläche und in den oberflächlichsten Schichten enthalten ist. Nach der Tiefe zu nimmt die Zahl der Bakterien allmählich ab, und in 1 bis 3 m beginnt meist eine geradezu bakterienfreie Zone. Auch die Partien, in welchen bereits Grundwasser steht, werden für gewöhnlich frei von Bakterien gefunden. — Der Grund für die Keimfreiheit der tieferen Schichten liegt darin, daß feinporiger Boden nicht nur für Luft, sondern auch für Flüssigkeiten ein bakteriendichtes Filter bildet.

Laboratoriumsversuche scheinen das allerdings zunächst nicht zu bestätigen. Gießt man auf eine Schicht Grob- oder Feinsand eine bakterienhaltige Flüssigkeit, so gehen die Bakterien ungehindert durch die Poren des Bodens hindurch. Der Versuch fällt aber völlig anders aus, wenn man die Filtration zunächst so langsam vor sich gehen läßt, daß die feinsten Teile des Bodens und die suspendierten Teile der Flüssigkeit Gelegenheit haben, die nächstgelegenen Poren zu füllen, und das ferner die Bakterien Zeit gewinnen, mit einer schleimigen Schicht die Wege auszukleiden. Sobald dies geschehen, ist die Filtration eine sehr vollständige. (Vgl. im folg. Kapitel). — Unter natürlichen Verhältnissen und bei der enorm langsamen Fortbewegung des Wassers werden sich solche filtrierende Auskleidungen der Poren regelmäßig herstellen und zwar in der ersten Schicht der „Durchgangszone", wo die für die Filtration erforderliche Dichtung ungestört bestehen bleiben kann.

Ausnahmsweise kann es indes auch zu einem Bakteriengehalt tieferer Bodenschichten kommen, namentlich wenn in sehr durchlässigem oder künstlich aufgelockertem Boden ein rascher Durchtritt von Wasser (Überschwemmungswasser) erfolgt; ferner, wenn gröbere Spalten (in zerklüftetem Felsboden, zusammengetrocknetem Lehmboden), oder Ratten- und Maulwurfsgänge Flüssigkeiten unfiltriert nach abwärts gelangen lassen. — Weitere Wege können Bakterien in horizontaler Richtung im Boden zurücklegen, wenn sie gleich in gewisser Tiefe dem in Kiesschichten sich bewegenden Grundwasser beimengen. Es konnte unter solchen Verhältnissen ein Transport bis zu 100 m und mehr beobachtet werden.

Was die **Qualität** der im Boden gefundenen Bakterien betrifft, so herrschen einige Arten entschieden vor, kommen stets zur Beobachtung und können sich offenbar im Boden ausgiebig vermehren. Dahin gehören namentlich die Bakterienarten, welche lebhafte Oxydationen hervorrufen und bei der Nitrifikation und Kohlensäurebildung im Boden beteiligt sind (s. oben). In den oberflächlichsten Schichten sind viel Sporen, darunter zuweilen enorm resistente Dauersporen enthalten, die selbst nach 4—5stündigem Erhitzen in strömendem Dampf noch keimfähig bleiben; in tieferen Schichten scheint es an Sporen ganz zu fehlen.

Pathogene Bakterien sind durch Kultur nur in seltenen Fällen aus dem Boden isoliert. Dagegen konnte man durch direkte Verimpfung größerer Dosen von Erdproben auf Versuchstiere die häufige Anwesenheit der Bazillen des malignen Ödems und des Wundtetanus in gedüngter Erde nachweisen; auch einige andere septisch wirkende Arten wurden in solcher Weise durch den Tierkörper herausgezüchtet.

Die **Quelle** der aufgezählten, in der ganz überwiegenden Mehrzahl saprophytischen Bakterien sind vorzugsweise die Verunreinigungen der Bodenoberfläche, die Abfallstoffe des Haushalts, die Düngstoffe der Gärten und Äcker usw., deren Bakterien von den Niederschlägen allmählich unter die Oberfläche, bis in Tiefen von $^1/_2$—2 m gespült werden. Ferner Gruben und Kanäle, welche zur Aufnahme der Abfallstoffe bestimmt sind, aber oft undicht werden und dann die bakterienreichen Flüssigkeiten gleich in einer Tiefe von 1—2—3 m unter der Oberfläche in den Boden übertreten lassen.

Einige dieser Bakterienarten können im Boden, wie dies aus Kulturversuchen und direkten Bodenuntersuchungen hervorgeht, lebhaft proliferieren, pathogene Arten jedoch nur an der Oberfläche des Bodens in den Abfallflüssigkeiten selbst, wenn noch wenig sapro-

phytische Konkurrenten vorhanden sind, und so lange hohe Temperatur mitwirkt, während im tieferen Boden die Wucherungsbedingungen für solche Bakterienarten ausnahmslos zu ungünstig liegen.

Dagegen scheint der Boden sehr wohl imstande zu sein, auch pathogene Bakterien lange zu konservieren. Der Reichtum der oberflächlichen Bodenschichten an Sporen deutet darauf hin, daß die Bedingungen für die Sporenbildung hier günstig sind; und Versuche mit Milzbrandbazillen haben ergeben, daß die Fruktifikation derselben in einem Gemisch der Kultur mit porösem Boden verhältnismäßig rasch erfolgt.

Ein Austritt der in tiefere Bodenschichten gelangten Bakterien an die Oberfläche und eine Verbreitung derselben durch Luft, Wasser u. dgl. findet für gewöhnlich nicht statt. Wie oben begründet wurde, ist namentlich die Bodenluft niemals imstande, Keime in die Außenluft mitzuführen. Auch das Grundwasser ist erwiesenermaßen fast immer bakterienfrei und kann nur ausnahmsweise, wenn gröbere Kommunikationswege vorliegen, Bodenbakterien mit dem Menschen in Berührung bringen. In gleicher Weise ist zuweilen wohl ein Transportweg gegeben durch Tiere, welche aus tieferen Schichten Bodenpartikel an die Oberfläche tragen (Maulwürfe, Regenwürmer); oder dadurch, daß der Boden aufgegraben und tiefere Schichten zutage gefördert werden.

Wesentlich bessere Chancen für die Weiterverbreitung der Bakterien bietet die oberflächlichste Schicht des Bodens. Von hier aus kann die Verbreitung erfolgen: 1. durch staubaufwirbelnde Winde. 2. Durch Nahrungsmittel, die in der Erde wachsen (Kartoffeln, Gartengemüse usw.) und welche teils roh genossen werden und direkt Infektionen veranlassen können, teils indirekt, indem sie die anhaftenden Erdpartikel und Mikroben in Wohnung und Küche transportieren. 3. Durch Schuhzeug und Gerätschaften der Menschen, welche den verunreinigten Boden betreten oder denselben bearbeiten, sowie durch Haustiere.

Gelegentlich wird es so zur Verbreitung von Infektionserregern kommen; weniger durch die atmosphärische Luft, welche bald unendlich verdünnend wirkt, als vielmehr durch Verschleppung (Nahrungsmittel, Schuhzeug usw.) von den konzentrierten Infektionsherden aus, welche auf der Bodenoberfläche durch zufällig dorthin gelangte Absonderungen von Kranken, z. B. Dejektionen, Sputa u. a. m., gebildet werden.

Eine bestimmte Phase im Zustand der oberflächlichen Bodenschichten wird besonders geeignet sein zu dieser Verbreitung von

Keimen; nämlich die, wo eine trockene Zone an der Oberfläche besteht und interkurrierende Niederschläge höchstens einige Millimeter tief eindringen, so daß alle Bodenverunreinigungen in der oberflächlichsten Schicht verbleiben. In dieser Zeit bestehen für Verschleppungen aller Art entschieden größere Chancen, als wenn der Boden durchfeuchtet ist und auftreffende Niederschläge die Verunreinigungen abschwemmen oder in eine Tiefe spülen, welche sie dem Verkehr entzieht. — Ferner liefern die Jahreszeiten, in welchen viele Menschen durch ihre Beschäftigung in Beziehung zum oberflächlichen Boden treten, z. B. bei der Ernte der Gemüse bezw. beim Aufbringen des Gruben- und Tonneninhalts vermehrte Gelegenheit zur Verschleppung mancher infektiöser Bakterien.

Somit wird eine zeitliche Steigerung der Infektionsgefahr zurzeit des tiefsten Grundwasserstandes bezw. in den Herbstmonaten eintreten können; insbesondere bei solchen Krankheiten, deren Erreger in den Dejektionen ausgeschieden werden und mit diesen auf den Boden gelangen.

Hygienische Bedeutung der Mikroorganismen des Bodens. Nach den vorstehenden Darlegungen erscheint es zweifellos, daß der oberflächlichste Boden — aber auch nur dieser — zur Verbreitung von Infektionskrankheiten zuweilen Anlaß gibt. Indessen bildet der Boden außerhalb der Wohnstätte dabei immer nur ein selten in Betracht kommendes Zwischenglied. Das infektiöse Material ist stets viel reichlicher in der Nähe des Kranken und innerhalb der Wohnstätte vorhanden. Dort ist für gewöhnlich die beste Gelegenheit zur Infektion gegeben. Nur zuweilen — und namentlich bei den Krankheiten, wo die Erreger in Stuhl oder Urin abgeschieden werden — wird es vorkommen, daß das gefährliche Material den oberflächlichen Schichten des Bodens überantwortet wird und daß von diesen aus das Material auf den oben bezeichneten Wegen wieder in den Bereich der Menschen gelangt. Es ist nicht wahrscheinlich, daß dieser weite Umweg häufig eingeschlagen wird und daß ein größerer Prozentsatz der Infektionen durch Vermittlung des Bodens zustande kommt. Die oben hervorgehobene zeitliche Steigerung der Infektionschancen beim Sinken des Grundwassers bezw. im Herbst wird sich daher nur bei gewissen infektiösen Krankheiten und auch hier nur bei einem Bruchteil der Erkrankungen, nicht etwa bei der großen Masse derselben, bemerbar machen (vgl. Kap. IX).

Eine Verhütung der Infektion vom Boden aus ist am vollständigsten dadurch erreichbar, daß Straßen, Höfe und Sohlen der Häuser gepflastert, asphaltiert oder zementiert werden. Ferner ist es erforderlich,

die Oberfläche einer häufigen Reinigung, die durch passendes Gefäll und gute unterirdische Ableitung unterstützt wird, auszusetzen und so oberflächliche Ansammlungen von Abfallstoffen zu verhüten. Acker- und Gartenland in der näheren Umgebung einer Ortschaft ist bei drohenden Epidemien von denjenigen Abgängen des menschlichen Haushaltes, welche leicht die Erreger der Krankheit enthalten, nach Möglichkeit frei zu halten. Beim Genuß von Nahrungsmitteln aus solchem Boden ist Vorsicht anzuraten.

Literatur: Soyka, Der Boden, Abteilung aus v. Pettenkofer's und v. Ziemssen's Handb. d. Hygiene, Leipzig 1887. — v. Fodor, Der Boden, in „Handb. d. Hygiene" von Weyl, 1894. — Fränkel, Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2. — ibid. Bd. 6. — Vgl. ferner die von verschiedenen städtischen Verwaltungen (München, Berlin, Frankfurt usw.) herausgegebenen Berichte über die Vorarbeiten zur Kanalisation und Wasserversorgung.

Viertes Kapitel.

Das Wasser.

Im folgenden ist zunächst die allgemeine Beschaffenheit der natürlichen, zur Deckung des Wasserbedarfs in Betracht kommenden Wässer zu besprechen. Zweitens sind die hygienischen Anforderungen an ein Wasser zu präzisieren; drittens ist zu erörtern, in welcher Weise sich ein Urteil darüber gewinnen läßt, ob ein Wasser diesen Anforderungen entspricht; und schließlich ist die Ausführung der Wasserversorgung zu schildern.

A. Allgemeine Beschaffenheit der natürlichen Wässer.

Die Deckung des Wasserbedarfs des Menschen muß aus den natürlichen Wasservorräten erfolgen, welche in Form von Meteorwasser, von Grundwasser, von Quellwasser, von Fluß- und Seewasser sich vorfinden.

Meteorwasser, das in Zisternen aufgesammelt wird, enthält die Bestandteile der atmosphärischen Luft, also Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, ferner zahlreiche Mikroorganismen und aus den Sammelbehältern gewöhnlich organische Stoffe. Es entwickelt sich leicht

Fäulnis darin, außerdem ist es fade von Geschmack; es ist daher nur im Notbehelf für den Wassergenuß zu verwenden, indes zu manchem häuslichen Gebrauch geeignet.

Grundwasser rekrutiert sich ebenfalls vorzugsweise aus den Niederschlägen. Diese nehmen zunächst von der Bodenoberfläche noch große Mengen gelöste und suspendierte Stoffe auf und die Qualität des Wassers wird zunächst schlechter. Dann aber findet beim Durchgange durch den Boden gleichsam eine Veredelung des Wassers statt; suspendierte und gelöste Stoffe werden teils zurückgehalten, teils oxydiert und mineralisiert; außerdem bewirkt die Kohlensäure des Wassers eine partielle Lösung von Bodenbestandteilen, Kalziumkarbonat, Magnesiumkarbonat, Kieselsäure u. a. m., gehen in das Wasser über; endlich wird die Temperatur des Wassers auf eine gleichmäßige, für den Genuß angenehme Höhe gebracht.

Besonders starken Verunreinigungen ist das Grundwasser im städtischen Boden ausgesetzt. Das Material dieser Verunreinigungen bilden Harn und Fäzes von Menschen und Tieren, pflanzliche und tierische Abfälle aus Küche und Haus. Von chemischen Körpern sind in den Abfallstoffen vorzugsweise enthalten: Harnstoff, Hippursäure, Kochsalz, Natriumphosphat, Kaliumsulfat, Kalk- und Magnesiaverbindungen; ferner die verschiedensten Produkte der Fäulnis von Eiweißkörpern (Amide, Fettsäuren, Indol, Skatol, Ptomaine), und der Zersetzung von Fetten (Fettsäuren) und Kohlenhydraten (Huminsubstanzen). Daneben enthalten die Abfallstoffe unzählige saprophytische und gelegentlich auch pathogene Mikroorganismen.

Diese Stoffe gelangen auf zwei sehr wohl auseinander zu haltenden Wegen in das Wasser (s. Fig. 9). Erstens sickern sie langsam von der Bodenoberfläche oder von dem die Gruben und Kanäle umgebenden Erdreich durch Schichten gewachsenen feinporigen Bodens in das Grundwasser, und sind dann dem veredelnden Einfluß des Bodens in vollem Maße ausgesetzt. Dabei werden vor allem die suspendierten Bestandteile und die Mikroorganismen vollständig abfiltriert. Sodann werden Harnstoff, Hippursäure, sowie die stickstoffhaltigen Fäulnisprodukte für gewöhnlich ganz in Nitrate übergeführt. Die Phosphorsäure bleibt gänzlich im Boden zurück, die Chloride dagegen erscheinen vollständig im Wasser, die Sulfate zum großen Teil. — In einem stark verunreinigten Boden enthält das Grundwasser große Mengen Nitrate, viel Chloride usw.; aber die Filtration der Mikroorganismen kommt auch in solchem Boden vollkommen zustande. — Unter mancherlei Verhältnissen, z. B. wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist, finden sich wenig Nitrate, kleine Mengen von Nitriten, von Ammo-

niak und größere Mengen von noch nicht mineralisierten organischen Stoffen im Wasser. — Ist endlich der Boden übersättigt, so erscheinen die organischen Stoffe, daneben Nitrate, Chloride usw., stark vermehrt; aber auch dann kann die Zurückhaltung der Mikroorganismen gerade so gut erfolgen, wie im reinen Boden.

Zweitens können Verunreinigungen ins Grundwasser gelangen, welche dem Einfluß des feinporigen Bodens nicht ausgesetzt waren. Sie kommen von der Bodenoberfläche entweder durch Schichten

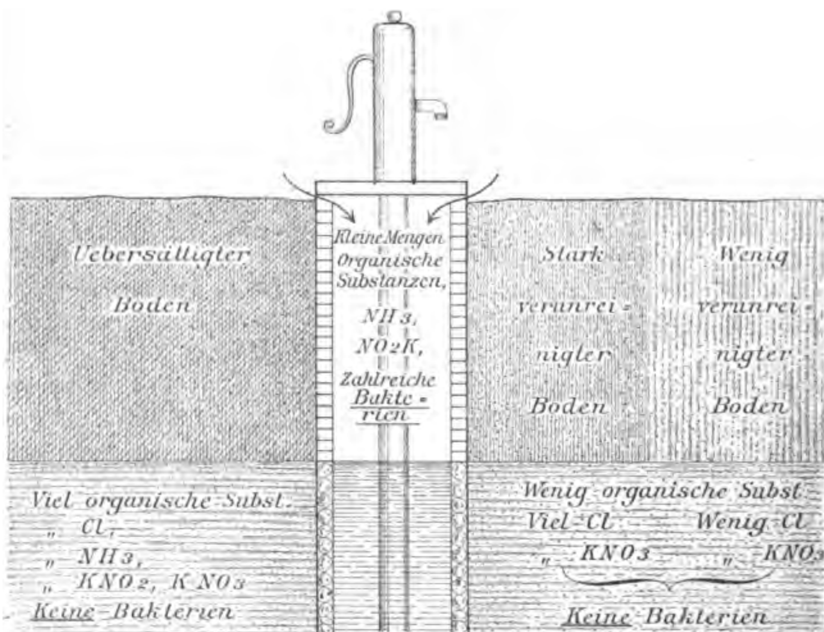


Fig. 9. Die verschiedenen Wege für die Verunreinigung des Grundwassers, schematisch.

durchlässigen groben Kieses, namentlich bei Überschwemmungen, oder durch Gesteinsspalten, Risse in Lehmschichten und dergl. ins Grundwasser. Oder selbst in gut filtrierendem, feinporigem Boden dringen sie ins Wasser durch Undichtigkeiten der Brunnendeckung, oder von Gruben und Kanälen aus durch zufällig vorhandene gröbere Kommunikationen mit dem Brunnenschacht, ohne daß die Mikroorganismen abfiltriert werden, und ohne daß eine Mineralisierung der organischen Stoffe erfolgt. Dieser letzte Fall kommt bei jeder nicht vorschriftsmäßigen Wasserfassung in Betracht und ist daher außerordentlich häufig. Fig. 9 führt die Verschiedenheit derjenigen Zuflüsse, welche auf solchen gröberen Wegen, und andererseits derjenigen, welche die filtrierenden Bodenschichten passieren, vor Augen. Durch die Defekte der

Anlage gelangen die verschiedensten Mikroorganismen, daneben organische Stoffe und auch wohl Ammoniak, oft in einer im Verhältnis zu den organischen Bestandteilen sehr großen Menge, ins Wasser. Vom hygienischen Standpunkt aus erscheinen derartige Zuflüsse weit bedenklicher, als die durch den Boden passierten Verunreinigungen.

Die chemische Zusammensetzung des Grundwassers ist naturgemäß eine sehr wechselnde. Man beobachtet folgende Mengen gelöster Stoffe:

	Milligramme in 1 Liter:		
	Minimum	Maximum in reinem Wasser	Maximum in abnormem Wasser
Summe der gelösten Bestandteile	100	500	5000
Organische Stoffe	0	40	1300
Dieselben verbrauchen Sauerstoff	0	2	65
Ammoniak	0	Spuren	130
Salpetrige Säure (haupts. Kaliumnitrit)	0	Spuren	200
Salpetersäure (Kalzium-, Kaliumnitrat usw.)	1	15	1300
Chlor (hauptsächlich Kochsalz)	4	30	900
Kalk	25	120	900
Magnesia	0	50	500
Schwefelsäure (haupts. Kalziumsulfat)	2	100	1000
Ferner Kalium, Natrium, Kieselsäure, Kohlensäure, Eisen als Ferrosalz, Mangan als Manganosalz.			

Daneben vielerlei suspendierte Bestandteile, z. B. Ton, Eisenoxyhydrat; ferner niedere Tiere, Algen, Bakterien.

Quellwasser nennt man ein Grundwasser, welches freiwillig zutage tritt. Das geschieht z. B. dann, wenn die geneigte, undurchlässige Schicht an die Oberfläche tritt. Handelt es sich dabei um Wasser, welches sich auf der obersten Schicht gesammelt und keine starken Bodenschichten durchflossen hat, so kann es ganz gleiche Zusammensetzung zeigen, wie künstlich gehobenes Grundwasser. Meist stammen die Quellen aus tiefer gelegenen Schichten und sind relativ rein von organischen Stoffen oder deren Zersetzungsprodukten. Indes können in felsigem Boden grobe Kommunikationen vorkommen, in welchen oberflächliche Zuflüsse keine genügende Reinigung und Befreiung von Bakterien erfahren. Durch zeitweise Trübung des Wassers nach starken Niederschlägen pflegen sich solche Kommunikationen oft zu

verraten. Auch der Bodenwirkung nicht unterworfene Zuflüsse, die von der Fassung der Quellen herrühren, können wie bei Grundwasserbrunnen vorkommen. Im übrigen richtet sich die Zusammensetzung ganz nach der Bodenformation.

Zuweilen finden sich in größerer Tiefe Wassermassen zwischen zwei undurchlässige Schichten eingeschlossen, welche sich mit starkem Gefälle senken. Werden solche Schichten in ihrem unteren Teile angebohrt, so strömt das Wasser unter hohem Drucke aus (Artesische Brunnen). Auch deren Wasser ist sehr verschieden zusammengesetzt, oft nicht so rein, als man gewöhnlich annimmt.

Bäche und Flüsse erhalten durch die Meteorwässer zahlreichste Verunreinigungen von der Bodenoberfläche zugeführt: häufig nehmen sie die Kanal- oder Spüljauche von ganzen Ortschaften auf, ferner den Ablauf von gedüngten Äckern, die Abwässer der Schiffe, sowie übelriechende oder giftige Abgänge der Industrie. So enthalten z. B. die Abwässer der Textilindustrie Leim, Blut, Seife, Farbstoffe; Zuckerfabriken, Gerbereien liefern große Mengen faulender und fäulnisfähiger Substanzen; Schlachthäuser gleichfalls Massen leicht zersetzlichen Materials; Gasfabriken Ammoniakverbindungen und teerige Produkte.

Viele Bestandteile dieser Abwässer sind nicht gelöst, sondern suspendiert und unter diesen finden sich zahlreichste Mikroorganismen. Allmählich tritt allerdings im Verlauf des Flusses, wenn keine neuen Verunreinigungen vorkommen, eine gewisse Selbstreinigung ein. Die suspendierten Bestandteile setzen sich ab und reißen auch viel Mikroorganismen zu Boden; die Kohlensäure der Bikarbonate des Kalziums und Magnesiums entweicht und es entstehen unlösliche Erdverbindungen, welche gleichfalls niederschlagend wirken. Außerdem tritt ein allmähliches Verzehren der organischen Stoffe durch Mikroorganismen, Algen und Bakterien, ein; endlich werden durch die Belichtung in den oberflächlichen Schichten viele Bakterien abgetötet. Im großen ganzen ist das Fluß- und Bachwasser jedoch so bedeutenden Verunreinigungen und so großen Schwankungen der Beschaffenheit unterworfen, daß es ohne besondere Vorbereitung nicht zu häuslichen Zwecken verwendbar ist. Manche Krankheitserreger scheinen hauptsächlich an den Flußufern wuchern zu können; sie werden dann von jener Selbstreinigung nicht mit betroffen, sondern höchstens teilweise durch den Einfluß des Lichts und konkurrierende Saprophyten geschädigt.

Landseen bieten ein günstigeres Material für Wasserversorgung als Flüsse. Die suspendierten Bestandteile und die Mikroorganismen sind meist außerordentlich vollständig abgesetzt und das Wasser ist

chemisch und bakteriologisch verhältnismäßig rein. Doch kommen auch hier große Schwankungen vor und es ist eine Beurteilung von Fall zu Fall erforderlich. — In neuerer Zeit kommt von oberflächlichen Wasseransammlungen noch das Wasser der **Talsperren** in Betracht, die das Niederschlagswasser aus größeren Gebieten in kolossalen Reservoiren aufsammeln. Sie führen nur, wenn das Niederschlagsgebiet aus unbewohntem und möglichst wenig von Menschen begangenem Terrain besteht, wenn die Masse des Stauwassers sehr groß, die Verdünnung unreiner Zuflüsse also erheblich ist, und wenn die Niederschläge nicht zeitweise dem Stauweiher verschmutztes Oberflächenwasser zuführen, ein relativ reines und brauchbares Material.

B. Die hygienischen Anforderungen an Trink- und Brauchwasser.

Das Wasser, das den Menschen zum Genuß und Wirtschaftsbetrieb geboten wird, soll 1. wohlschmeckend und von appetitlicher Beschaffenheit sein, so daß es gern genossen wird; 2. soll es nicht zu hart sein; 3. soll es nicht zur Krankheitsursache werden können; 4. soll die Menge zureichend sein.

Zuweilen macht man in bezug auf die zu stellenden Anforderungen scharfe Unterschiede zwischen Trink- und Brauchwasser. Vom hygienischen Standpunkt aus ist eine solche Untersuchung meist nicht gerechtfertigt. Das Wasser, mit welchem die roh genossenen Nahrungsmittel gewaschen, die Wäsche gereinigt, die Eß- und Trinkgeschirre gespült werden, muß ebensowohl frei von Krankheitskeimen sein, wie das zum Trinken bestimmte.

Nur hinsichtlich des Wohlgeschmacks und der appetitlichen Beschaffenheit und besonders hinsichtlich der Temperatur sind nicht so strenge Anforderungen an ein Brauchwasser zu stellen. Wenn daher ein reichlich und leicht zu beschaffendes Wasser z. B. nur oder vorzugsweise wegen seiner hohen Temperatur zum Genuß ungeeignet erscheint (Flußwasserleitung mit guter Filtration, zu warmes Quellwasser), so kann wohl die Frage aufgeworfen werden, ob nicht dies Wasser zu Gebrauchszwecken beizubehalten und durch eine andere, lediglich für Trinkwasser bestimmte Anlage zu ergänzen sei.

1) Für den **Wohlgeschmack und die Appetitlichkeit** eines Wassers ist erforderlich:

Geruchlosigkeit, insbesondere das Fehlen jeden Fäulnisgeruches. Fluß- oder Seewässer, die durch Aufnahme von Abwässern auch nur zeitweise Geruch nach Petroleum, Karbol und dergl. zeigen können, sind von der Benutzung auszuschließen. Grundwässer aus Bodenschichten, die reichlich Huminsubstanzen, Braunkohle und dergl. ent-

halten, weisen neben einem Gehalt an gelösten Eisenverbindungen häufig Geruch nach flüchtigen Schwefelverbindungen auf. Läßt sich dieser Geruch nicht vollständig beseitigen, so sind auch solche Wässer nicht benutzbar. Ferner ist die Abwesenheit jeden Beigeschmacks erforderlich; z. B. nach fauligen, modrigen Substanzen, oder auch nach gelöstem Eisen oder Mangan. Dagegen soll ein erfrischender Geschmack vorhanden sein, der in erster Linie von der Temperatur des Wassers beeinflußt wird, außerdem vom CO_2- und O-Gehalt; auch ein gewisser Gehalt an Kalksalzen wirkt günstig, zu kalkarme Wässer schmecken leicht fade. Die Temperatur soll sich wo möglich das ganze Jahr zwischen 7 und 11° bewegen; höher temperiertes Wasser bietet keine Erfrischung, kälteres wird vom Magen schlecht vertragen. Die gleichmäßige und bekömmliche Temperatur ist bei Wasser aus Grundwasserbrunnen nur vorhanden, wenn sie mindestens 3 m unter der Bodenoberfläche liegen. Flußwasser zeigt — abgesehen von hoher Gebirgslage — im Winter 0°, im Hochsommer + 25°. Dadurch fehlt dem Wasser gerade im Sommer, wo am meisten Wasser konsumiert wird, die erforderliche Frische, und dieses Verhalten allein ist ausreichend, um das Flußwasser ungeeignet für die Benutzung als Trinkwasser erscheinen zu lassen.

Farblosigkeit und Klarheit. Färbung oder Trübung, stamme sie woher sie wolle, macht ein Wasser unappetitlich und ungeeignet zum Genuß. Gelbe Farbe tritt bei Grundwasser aus moorigem Boden und häufig bei Flußwasser auf. Trübung kann bewirkt werden durch Lehm- und Tonteile. Jede solche Trübung im Grund- und Quellwasser muß den Verdacht auf abnormen Gehalt an Bakterien erwecken.

Am häufigsten kommt eine nachträgliche Trübung durch Ferrihydrat (Rost) in Betracht. Das Eisen pflegt in Form von Eisenoxydulverbindungen (hauptsächlich Ferrobikarbonat, $Fe(HCO_3)_2$) ins Wasser überzutreten, die aus Eisenoxydverbindungen des Bodens unter dem Einfluß reduzierender organischer Substanzen (Braunkohle, vermoderndes Holz, Moor, Humus usw.) in solchen Schichten des Bodens, zu denen kein Sauerstoff gelangen kann, entstanden sind. Die Ferrosalze trüben zunächst das Wasser nicht. Steht dasselbe aber einige Zeit an der Luft, oder wird es erhitzt, so entweicht die CO_2 des Bikarbonats und es erfolgt Oxydation, so daß sich braune Flocken von Eisenoxydhydrat abscheiden, die dem Wasser ein unappetitliches Aussehen verleihen und dasselbe für Wäsche, für die Bereitung von Tee, Kaffee usw. völlig unbrauchbar machen. In eisenhaltigem Wasser kommt es außerdem besonders leicht zur Entwicklung von Crenothrix (s. Kap. IX), deren weißliche oder durch Einlagerung von Eisen braun

gefärbte Pilzrasen die Trübung und Unappetitlichkeit des Wassers noch vermehren.

Zuweilen aus oberflächlichen Bodenschichten, häufiger von tieferen Zuflüssen herrührend, kann auch Ferrosulfat, $FeSO_4$, ins Grundwasser gelangen. Das Wasser schmeckt dann intensiv tintenartig; die Trübung an der Luft erfolgt viel langsamer, unter Bildung von basischem Ferrisulfat und freier Schwefelsäure.

Offenbar in großer Verbreitung kommt neben dem Eisen Mangan im Grundwasser vor, in Form von Manganobikarbonat oder Manganosulfat. Kleine Mengen von Mangan finden sich sehr verbreitet in oberflächlichen alluvialen Schichten; größere Mengen Sulfat scheinen namentlich den Pyriten des Tertiärs zu entstammen und aus tiefliegenden Reservoiren sich zuweilen plötzlich in großen Quantitäten den überlagernden Grundwasserschichten beizumengen. Beim Stehen manganhaltigen Wassers bilden sich sehr allmählich braune bis schwarze Ausscheidungen von höheren Oxydationsstufen des Mangans; sofortige Abscheidung tritt durch Soda- oder Seifenzusatz namentlich bei gleichzeitigem Kochen ein, so daß Wäsche in ähnlicher Weise wie durch eisenhaltiges Wasser geschädigt wird. Auch entstehen Niederschläge im Rohrnetz und gewisse Crenothrixarten scheinen gerade in Mn-haltigem Wasser besonders zu wuchern. — Eine gesundheitsschädliche Wirkung des Mn-haltigen Wassers liegt nicht vor; aber die aufgezählten Unannehmlichkeiten sind so erheblich, daß das Mangan als Wasserbestandteil mit Recht sehr gefürchtet ist; um so mehr, als seine Beseitigung keineswegs ebensoleicht wie die des Eisens und gleichzeitig mit diesem gelingt (s. unten).

Fehlen grob sichtbarer Verunreinigungen. Eine Wasserentnahmestelle in verschmutzter Umgebung und mit offenbarer Berührung mit Abfallstoffen des menschlichen Haushalts, ebenso eine Vernachlässigung der Brunnenanlage selbst macht das Wasser unappetitlich und für empfindlichere Menschen zum Genuß ungeeignet. Daher ist Flußwasser zu verwerfen, das die Entleerungen von Schiffern und Dampferpassagieren, die Abflüsse von Aborten, Düngstätten usw. aufnimmt; ferner Wasser aus Brunnen, in deren Umgebung die Bodenoberfläche stark verunreinigt ist und in deren Nähe Abortgruben, Düngerhaufen, Rinnsteine sich befinden. Auch Defekte am Brunnen, undichte Deckungen, Vermodern der Holzteile können Unappetitlichkeit des Wassers bedingen und sind zu beanstanden.

2) Die **Härte** eines Wassers ist bedingt durch Kalk- und Magnesiasalze, die entweder aus Bodenbestandteilen gelöst sind (z. B. aus Gipslagern als $CaSO_4$, aus $CaCO_3$-lagern unter Mitwirkung von CO_2 als

$Ca(HCO_3)_2$) oder dem Harn und Fäzes entstammen. Kalzium- und Magnesiumbikarbonat machen die vorübergehende Härte aus, d. h. die Härte, welche nach dem Kochen oder längerem Stehen des Wassers verschwindet, weil die lösende CO_2 abdunstet und unlösliche Monokarbonate als Niederschlag an Wandungen und Boden des Gefäßes (Kesselstein) zurückbleiben. Kalzium- und Magnesiumsulfat, -nitrat usw. dagegen bedingen die bleibende Härte, die auch nach dem Kochen des Wassers unverändert fortbesteht. — Man bemißt die Härte eines Wassers nach (deutschen) Härtegraden, von denen ein Grad so viel Kalk- und Magnesiaverbindungen anzeigt, daß sie in bezug auf die Zerlegung einer Seifenlösung sich verhalten wie eine Lösung von 1 mg CaO in 100 ccm Wasser.

Zu weiches Wasser ist nur insofern nicht angenehm, als es etwas faden Geschmack haben kann. Zu hartes Wasser hat mancherlei Unannehmlichkeiten: es ist zum Kochen gewisser Speisen (Hülsenfrüchte, Tee, Kaffee) ungeeignet, weil sich unlösliche Verbindungen zwischen den Kalksalzen und Bestandteilen dieser Nahrungsmittel herstellen. — Technisch kommt außerdem in Frage, daß zum Waschen mit hartem Wasser eine abnorm große Menge von Seifen konsumiert werden muß, weil ein großer Teil der Seife durch die Kalksalze zerlegt wird; ferner daß hartes Wasser, namentlich solches mit vielen Bikarbonaten, wegen massenhafter Kesselsteinbildung zur Speisung der Dampfkessel ungeeignet ist.

Ein sehr hoher, 20° überschreitender Gehalt an Kalksalzen (namentlich Kalziumsulfalt und Magnesiasalzen) scheint bei manchen Menschen gastrische Störungen zu bewirken oder setzt wenigstens eine allmähliche Gewöhnung voraus.

3) **Wasser als Krankheitsursache.** Mehrfach sind durch Wassergenuß Vergiftungen hervorgerufen, und zwar durch einen Gehalt an Arsen- oder Bleiverbindungen. Arsen gelangte früher namentlich durch Abwässer der Anilinfabriken in großen Mengen ins Grundwasser. Ferner ist in den Abfallstoffen der Gerbereien, welche Arsenverbindungen zur Enthaarung benutzen, reichlich Arsen enthalten und dieses kann bei geeigneten Bodenverhältnissen von den Lagerstätten der Abfallstoffe aus nachhaltig und weit in das Grundwasser vordringen. — Ein bedenklicher Bleigehalt des Wassers kommt häufiger nur vor durch Aufnahme aus den Bleirohren der Wasserleitungen (s. unter „Wasserversorgung").

Viel bedeutungsvoller ist die Rolle, welche das Wasser beim Zustandekommen parasitärer Erkrankungen spielt.

Gelegentlich kommt es durch Wasser zur Infektion mit tierischen Parasiten. Eier von Taenia solium, Ascaris lumbricoides,

Oxyuris vermicularis, Distoma haematobium und hepaticum, Embryonen von Botriocephalus latus können mit Wasser aufgenommen werden, allerdings nur bei primitivem Wasserbezug aus unfiltriertem Oberflächenwasser. — Bei bestimmten Kategorien von Arbeitern werden häufiger die Eier von Anchylostomum duodenale mit Wasser eingeführt. Dieser 6—8 mm lange, zu den Nematoden gehörige Wurm bewohnt beim Menschen den oberen Teil des Dünndarms, dringt dort in die Schleimhaut ein und saugt sich mit Blut voll; seine massenhafte Ansiedlung ruft eine schwere Intoxikation und perniziöse Anämie hervor. Mit den Fäzes der Kranken werden die Eier entleert; gelangen diese in feuchte Erde von 25—30° Temperatur, so schlüpft nach 4—5 Tagen der Embryo (die Larve) aus; darauf folgt die Einkapselung, nach welcher die Larve in Wasser lange lebensfähig bleibt. Der Genuß solchen Wassers führt zur Infektion; aber auch durch bloßes Hantieren mit dem Wasser oder Schlamm kommt eine solche zustande, da die Larven auch von der Haut aus eindringen und den Körper bis zu ihrem Festsetzen im Darm durchwandern können. — Die Gefahr der Ansteckung liegt nur vor bei primitivem Wasserbezug und ausreichender Wärme (25°). Bei Tunnelarbeitern, bei Lehmarbeitern im Sommer, namentlich aber bei Bergleuten, die in tiefen, warmen Gruben arbeiten, sind diese Bedingungen häufig vorhanden. — Durch das Nilwasser scheint auch die ägyptische Dysenterie verbreitet zu werden, die auf bestimmte Amöben zurückzuführen ist (s. Kap. IX).

Infektionen durch pathogene Bakterien, die mit Wasser eingeführt sind, kommen häufig zur Beobachtung. Die meisten explosionsartigen Massenausbrüche von Cholera asiatica sind durch Wasser und die in diesem enthaltenen Cholerabazillen verursacht. Die Verteilung der Erkrankungen bei der Choleraepidemie in Hamburg 1892 und verschiedene ähnliche Beobachtungen beseitigen jeden Zweifel daran, daß das Wasser oft das gemeinsame Transportmittel für die infektiösen Keime ist (s. Kap. IX). — Ebenso sind zahlreiche kleinere Gruppenepidemien und Massenausbreitungen von Typhus abdominalis, die durch das gleichzeitige plötzliche Auftreten der Erkrankungen ausgezeichnet waren, auf Trinkwasserinfektion zurückzuführen, weil das Gebiet des gleichen Wasserbezugs und das der Typhusausbreitung sich genau deckte und andere gemeinsame Vehikel ausgeschlossen werden konnten. In mehreren derartigen Fällen ist es auch gelungen, Typhusbazillen in dem verdächtigen Wasser aufzufinden. — Manche andere gastrische Erkrankungen sind ebenfalls mit höchster Wahrscheinlichkeit auf Wassergenuß und damit eingeführte Krankheitserreger zu beziehen; z. B. nach Flußbädern beobachtete Fälle von sogenannter

WEIL'scher Krankheit, die durch den Bac. proteus fluorescens hervorgerufen wird. Auch Beziehungen zwischen Diarrhoea infantum und dem Bakteriengehalt des Trinkwassers sind in Hamburg und Dresden (koinzidierend mit Überschwemmung des Geländes der Grundwasserversorgung und zu anderer Jahreszeit als die Sommerdiarhöen der Kinder) hervorgetreten.

III. In **ausreichender Menge** ist ein Wasser dann vorhanden, wenn pro Tag und Kopf etwa 150 Liter zur Verfügung stehen. Das Minimum des Bedarfs für den Genuß und die Speisenbereitung ist auf Schiffen zu etwa 4 Liter pro Kopf und Tag ermittelt. Bei frei gestelltem Konsum beziffert sich der Bedarf inkl. des zur Reinigung des Körpers, des Hauses usw., ferner des von den industriellen Anlagen verbrauchten Wassers auf 100—200 Liter, verschieden je nach den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung und der Ausdehnung der Industrie. Von der gesamten Verbrauchsmenge entfallen etwa $^2/_3$ auf die Tagesstunden von 8 Uhr früh bis 6 Uhr abends; der stärkste Konsum trifft die Stunden von 11—12 Uhr vormittags und 3—4 Uhr nachmittags.

Daß das Wasser in reichlichsten Mengen zur Disposition gestellt wird, ist eine vom hygienischen Standpunkt aus sehr wichtige Forderung. Nur dann kann die Wasserversorgung zu größerer Reinlichkeit der Bevölkerung und damit zur Beseitigung großer Mengen von Infektionserregern Anlaß geben.

C. Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers.

Keine der natürlichen Bezugsquellen des Wassers entspricht unter allen Umständen den hygienischen Anforderungen; in jedem Einzelfall hat vielmehr hierüber eine besondere Untersuchung zu entscheiden. Diese umfaßt: 1. die sog. „Vorprüfung"; 2. die chemische Untersuchung; 3. die mikroskopische Untersuchung; 4. die bakteriologische Untersuchung; 5. die Lokalinspektion.

1. **Die Vorprüfung** soll vorzugsweise über Wohlgeschmack und Appetitlichkeit des Wassers entscheiden. Außer einfacher sinnlicher Prüfung auf Geruch, Geschmack und Temperatur kann letztere durch Thermometer ermittelt werden, und zwar da, wo das Wasser geschöpft werden muß, mit unempfindlich gemachten Thermometern (s. S. 107) oder mit sog. Schöpfthermometern, bei welchem die Kugel in einem kleinen mit Wasser sich füllenden Behälter steckt.

Farbe und Klarheit sind nach dem Augenschein an Proben von größerer Schichthöhe zu beurteilen. — Am wichtigsten ist die Ermittlung von gelöstem Eisen oder Mangan, das anfänglich das Wasser völlig klar erscheinen läßt und erst nachträglich Trübung bewirkt. Man muß daher die Probe beobachten, nachdem man sie längere Zeit in Berührung mit Luft hat stehen lassen oder nachdem man dieselbe gekocht hat (bei Manganverdacht mit Sodazusatz).

2. Die **chemische** Untersuchung.

Dieselbe hat zunächst die Vorprüfung des Wassers auf Klarheit zu ergänzen, indem man einen Gehalt an gelöstem Eisen nachzuweisen sucht. Falls nicht zu kleine Mengen Ferrosalz vorliegen, erhält man direkt beim Einwerfen eines kleinen Kristalls Ferricyankalium grünblaue Färbung. Kleinere Quantitäten sind zu ermitteln, indem eine Probe des Wassers $^1/_4$ Stunde gekocht, der Niederschlag mit HCl gelöst und dann mit Ferrocyankalium auf Bildung von Berliner Blau geprüft wird. — Quantitative Bestimmung des Ferrosalzes gelingt unmittelbar nach der Entnahme durch Titrieren mit Chamäleonlösung in der Kälte.

Mangansalze werden durch Ferrocyankalium als weißer Niederschlag von Manganferrocyanid gefällt; um bei Gegenwart von Fe die Bildung von Berliner Blau zu hindern, setzt man vor dem Ferrocyankalium Weinsäure und überschüssiges Ammoniak zu (s. Anhang).

Ferner gibt die chemische Untersuchung über die Härte eines Wassers Auskunft. Die Bestimmung erfolgt entweder gewichtsanalytisch oder durch Titrieren mit Seifenlösung: Die Seife setzt sich mit den Kalk- und Magnesiasalzen um (es entsteht unlöslicher fettsaurer Kalk und die Säure der Kalksalze verbindet sich mit dem Alkali der Seife), solange noch Kalk und Magnesia vorhanden sind; erst nachher bleibt bei weiterem Zusatz Seife als solche bestehen und dies wird kenntlich durch die starke Schaumbildung beim Schütteln (näheres s. im Anhang).

Von Krankheitsursachen vermag die chemische Analyse die Gegenwart von Blei und Arsen zu ermitteln. Zum Nachweis von Blei versetzt man die Probe mit etwas Essigsäure und Schwefelwasserstoff; ein Bleigehalt verrät sich durch braune bis braunschwarze Färbung. — Arsen ist durch H_2S abzuscheiden, dann in Oxydverbindung überzuführen und im Marshschen Apparat zu prüfen.

Außerdem hat man aus der chemischen Untersuchung Schlüsse zu ziehen versucht auf die Infektionsgefahr und die Appetitlichkeit eines Wassers. In dieser Absicht hat man namentlich: a) die „organischen Stoffe“ bestimmt. Da die Ermittlung der gesamten

organischen Stoffe auf Schwierigkeiten stößt, begnügt man sich, nur einen Bruchteil der organischen Stoffe zu bestimmen, welcher leicht oxydabel ist, und zwar denjenigen, welcher bei einer bestimmten Behandlung mit Kaliumpermanganatlösung den Sauerstoff der letzteren absorbiert und dieselbe dadurch entfärbt. b) Ammoniak, das fast stets nur in Spuren verhanden ist, qualitativ durch das NESSLERsche Reagens. c) Nitrite, ebenfalls stets in sehr geringer Menge vertreten, durch Zinkjodidstücke oder Diamidobenzol und Schwefelsäure. d) Nitrate, qualitativ durch Brucinlösung oder durch Diphenylamin; quantitativ durch Titrieren mit Indigolösung oder Überführen der Salpetersäure in Stickoxyd und Messen des letzteren im Eudiometer. e) Chloride durch Titrieren mit Silbernitratlösung von bekanntem Gehalt. — Genaueres über alle diese Untersuchungsmethoden s. im Anhang.

Die Resultate der chemischen Untersuchung sind indes nicht geeignet, um Folgerungen für die Gesundheitsgefährlichkeit eines Wassers abzuleiten. — Zunächst sei betont, daß alle untersuchten Substanzen, Nitrate, Nitrite, Chloride usw., selbst in der Menge, die in sehr stark verunreinigten Wässern vorkommt, nicht direkt die Gesundheit zu beeinflussen vermögen.

Auch den organischen Stoffen kann eine toxische Wirkung nicht zukommen. Allerdings werden bei der Fäulnis auch giftige Substanzen produziert, aber immer in außerordentlich geringer Menge gegenüber den anderen Fäulnisprodukten. Es ist von vornherein völlig unwahrscheinlich, daß in den geringen Quantitäten organischer Stoffe, welche ein Trink- oder Brauchwasser enthält, jemals Gifte in ausreichender Menge vorhanden sind, um toxische Symptome zu veranlassen. Außerdem ist aber experimentell auf das bestimmteste erwiesen, daß selbst die unreinsten Wässer, wenn sie bei niederer Temperatur stark konzentriert und Tieren injiziert werden, erst dann giftige Wirkung äußern, wenn auch der eingeäscherte Rückstand in der gleichen Dosis wirkt. Irgendwelche organische Gifte sind daher gänzlich auszuschließen.

Indirekt könnte aber eine Gefährdung der Gesundheit durch jene Stoffe insofern angezeigt werden, als sie auf die Anwesenheit von Infektionserregern im Wasser oder in der Umgebung des Wassers hindeuten. Speziell für die Verhältnisse des Grundwassers hat man sich in dieser Beziehung früher unrichtige Vorstellungen gemacht.

Man glaubte, daß Zersetzungs- und Fäulnisprozesse identisch seien mit Infektionsgefahr, und man hielt jedes Wasser für infektionsverdächtig, welches Spuren von Abfallstoffen und Fäulnisprozessen aufwies. In diesem Sinne sah man größere Mengen organischer Stoffe im Wasser als bedenklich an und glaubte, namentlich in den durch

Chamäleon rasch oxydabeln Stoffen leicht zersetzliche und besonders gefährliche Verbindungen erblicken zu müssen. Ammoniak und Nitrite sollten als Zeichen dafür angesehen werden, daß nicht die normale Nitrifikation der organischen Stoffe im Boden stattfindet, sondern abnorme Fäulnis- und Reduktionsprozesse. Ferner sollte die Menge der Nitrate der Menge der in den umgebenden Boden eingetretenen Abfallstoffe entsprechen; ebenso sollten die Chloride, die hauptsächlich dem Kochsalz des Harns entstammen und unverändert den Boden passieren, sich gut als Indikator der Verunreinigung mit Abfallstoffen eignen.

In den letzten Jahrzehnten sind wir indes zu der Erkenntnis gelangt, daß Fäulnis- und Zersetzungsprozesse mit Infektionsgefahr keineswegs identisch sind; für letztere sind nur spezifische Mikroorganismen, nicht saprophytische Bakterien von Belang. Außerdem besteht aber kein Parallelismus zwischen jenen durch die chemische Analyse im Wasser ermittelten Stoffen und seinem Gehalt an irgendwelchen saprophytischen und infektiösen Mikroorganismen. Denn die Wege, auf denen jene Stoffe und andererseits die Organismen ins Wasser gelangen, sind, wie wir oben gesehen haben, ganz verschieden und völlig unabhängig voneinander. Organische Stoffe, Nitrate, Ammoniak, Nitrite, Chloride gehen langsam durch den gewachsenen Boden ins Grundwasser; für die Organismen dagegen ist dieser Weg verschlossen, sie geraten nur durch Undichtigkeiten der Entnahmestelle ins Wassers. Ist ein Boden noch so reichlich mit organischen Stoffen, Nitraten usw. durchsetzt, und treibt man durch solchen Boden ins Grundwasser ein eisernes Rohr, das man von den von der Oberfläche verschleppten Bakterien durch Desinfektion befreit, so gewinnt man aus diesem Rohr anhaltend ein keimfreies, aber chemisch sehr stark verunreinigtes Wasser. — Gelegentlich können wohl Defekte der Entnahmestelle und grobe Zutrittswege für Organismen mit Bodenverunreinigung zusammentreffen; aber meist fehlt jeder Parallelismus.

Noch eine andere Beziehung ist zwischen den chemisch nachweisbaren Verunreinigungen eines Trinkwassers und infektiösen Organismen denkbar: jene könnten dem Wasser erst die erforderlichen Nährstoffe zuführen, ohne welche eine Wucherung der Iufektionserreger nicht zustande kommt. Aber auch diese Annahme läßt sich, wie unten erörtert wird, nicht aufrecht erhalten. In stärker gebrauchtem Trinkwasser kommt es anscheinend überhaupt zu keiner Wucherung hineingelangter Krankheitserreger, sondern höchstens zu einer Konservierung, die auch für die Erklärung etwa daraus entstandener Infektionen völlig ausreicht.

Somit ist das Resultat der chemischen Untersuchung belanglos für die Feststellung der Infektionsgefahr eines Wassers.

Unter Umständen läßt sich aus der chemischen Analyse ein Anhalt gewinnen für die Beurteilung der Appetitlichkeit der Anlage. Sind reichlich organische Stoffe, viel Chloride und Nitrate vorhanden, so entstammt das Wasser einem mit Abfallstoffen übersättigten Boden, und das Wasser kann bei weiterer Verschmutzung der Umgebung in grobsinnlicher Weise unappetitlich werden. — Aber auch hier ist Vorsicht im Urteil angezeigt: bei gleicher Bodenverunreinigung zeigt das Grundwasser sehr verschieden starke Verunreinigung je nach der Durchlässigkeit des Bodens, nach der Benutzung des Brunnens, nach dem Zutritt von Flußwasser usw. Nur wenn gleichzeitig an mehreren Stellen die chemische Beschaffenheit des Grundwassers festgestellt wird, für das fragliche Wasser aber erheblich höhere Zahlen gefunden werden, ist der Schluß auf eine abnorme Verschmutzung der Anlage berechtigt.

Selbstverständlich sind auch Wässer verschiedener Herkunft, Fluß-, Quell- und Grundwässer, in chemischer Beziehung nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. — Sind in einem Grundwasser aus größerer Tiefe nur einzelne Substanzen in größerer Menge vorhanden, z. B. organische Stoffe und Ammoniak, so können diese auch alten Huminlagern entstammen und mit Abfallstoffen nichts zu tun haben.

3. Die **mikroskopische** Untersuchung. Im mikroskopischen Präparat, das man aus dem Absatz des 12—14 Stunden gestandenen Wassers anfertigt, findet man neben mineralischen Bestandteilen zunächst mancherlei pflanzlichen oder tierischen Detritus. Reste von



Fig. 10. Helmintheneier. *a* Ei von Taenia solium. 500:1. *b* Ei von Anchylostomum duodenale. 500:1. *c* Dasselbe, späteres Stadium. 100:1. *d* Dasselbe. 500:1. *e* Unreifes, *f* reifes Ei von Botriocephalus latus. 500:1. *g* Ei von Ascaris lumbricoïdes. 500:1. *h* Ei von Oxyuris vermicularis. 500:1. *i* Ei von Trichocephalus dispar. 500:1.

mehr oder weniger verdauten Fleischfasern sind bedenklich, weil sie auf Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien deuten. Erheblich bedeutungsvoller ist der Nachweis tierischer Parasiten in Form von Eiern von Anchylostomum duodenale, Distoma, Taenia solium, Ascaris lumbricoïdes, Oxyuris vermicularis usw. (Fig. 10).

In großer Menge und Mannigfaltigkeit finden sich sarophytische Rhizopoden, Sporozoën und Infusorien im Wasser. Einige der am häufigsten

vorkommenden sind in Fig. 66 u. 67 zusammengestellt. Zur Untersuchung läßt man das Wasser in sterilen Gefäßen 6 Tage stehen und fertigt dann von der Oberfläche 5 Präparate an. Es ist wahrscheinlich, daß gelegentlich auch krankheitserregende Protozoën durch Wasser verbreitet werden, z. B. die Amöben der egyptischen Dysenterie. Indes ist die Kenntnis dieser niedersten

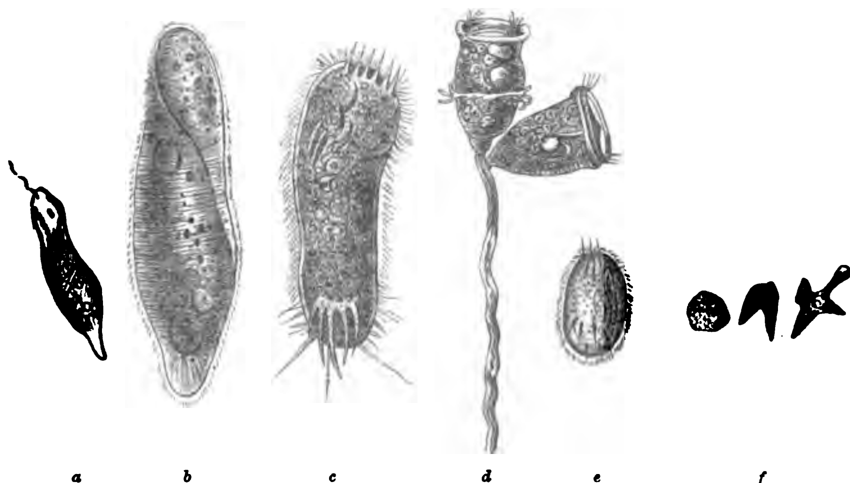


Fig. 11. Infusorien. *a* Euglena viridis. 100:1. *b* Paramecium aurelia. 500:1. *c* Stylonichia. 280:1. *d* Vorticella. 280:1. *e* Euplotes Charon. 280:1. *f* Amoeba diffluens. 200:1.

Tiere nicht so weit vorgeschritten, daß man durch das Mikroskop die wenigen infektiösen Arten unter den sehr viel zahlreicheren unschädlichen herausfinden könnte.

Ferner kommen häufig Algen, Diatomeen und die in Kap. IX beschriebenen Wasserpilze im Wasser verschiedenster Herkunft vor. Sie sind an und für sich unschädlich, können aber durch massenhafte Entwicklung das Wasser trüben und zum Genuß ungeeignet machen. — Über die in Industrieabwässern wuchernden Organismen s. Kap. VIII.



Fig. 12. *a* Actinophris. *b* Trichomonas. *c* Cercomonas. *d* Lacrimaria olor. *e* Colpodium colpoda.

Ob manchen jener kleinsten Tiere und Pflanzen eine symptomatische Bedeutung für die Beurteilung eines Wassers zukommt, ist noch zweifelhaft.

Die früheren Beobachtungen sind meist ohne die nötigen Kautelen gegen nachträgliches Eindringen von Keimen (nicht sterilisierte Gefäße usw.) gemacht; ebenso sind Herkunft, Wucherungsbedingungen usw. nicht genügend berücksichtigt. Untersuchungen, bei welchen auf alle diese Momente Rücksicht genommen ist, haben bisher keinerlei symptomatische Bedeutung der Protozoën des Wassers erkennen lassen.

4. Zur **bakteriologischen** Untersuchung des Wassers ist stets das Kulturverfahren anzuwenden.

Man bedient sich für gewöhnlich der im Anhang beschriebenen Gelatineplattenkultur. — Besondere Vorsicht ist bei der Probenahme des Wassers zu beachten, damit fremde Bakterien vollkommen ausgeschlossen bleiben. Das Wasser ist entweder in sterilisierte und mit Wattepfropf verschlossene Reagensgläser einzufüllen, die sofort nach der Füllung wieder mit dem Wattepfropf zu schließen sind. Wenn längerer Transport erforderlich ist, benutzt man sterilisierte Glasstopfenflaschen oder Flaschen mit Patent-Gummiverschluß. — Die Probe muß stets sofort, innerhalb 3 Stunden, untersucht werden, da viele Bakterien sich in dem Wasser nachträglich massenhaft vermehren. Eine nach 24 Stunden oder später angestellte Untersuchung gibt völlig unbrauchbare Resultate.

Es werden 4 Platten in Petrischen Schälchen angelegt und zwar eine mit $^1/_{100}$, die zweite mit $^1/_{10}$, die dritte mit 1, die vierte mit 10 Tropfen des Wassers (20 Tropfen = 1 ccm); zum Abmessen von $^1/_{10}$ und $^1/_{10}$ Tropfen verdünnt man 1 ccm des Wassers mit 100 bzw. 10 ccm sterilisierten Wassers, mischt und entnimmt der Mischung 1 Tropfen. Nach dem Auswachsen der Kolonien werden dieselben mittels eines Zählapparates gezählt; die einzelnen Kolonien werden mit dem Mikroskop durchmustert und verdächtige in Gelatineröhrchen behufs weiterer Untersuchung übertragen. Je nach der Zusammensetzung des Nährbodens und nach der Temperatur des Brütofens erhält man sehr stark voneinander abweichende Resultate. Vergleichbar sind daher nur die unter ganz gleichen Bedingungen gewonnenen Zahlen. — Die Untersuchung auf Typhus- und Cholerabazillen hat durch besondere Methoden zu erfolgen; siehe im Anhang.

Die bakteriologische Untersuchung ist vor allem dadurch bedeutungsvoll, daß es mittels derselben unter Umständen gelingt, Infektionserreger, wie Typhus- und Cholerabazillen, direkt nachzuweisen. Cholerabazillen sind im Wasser eines indischen Tanks, in Hafenwasser, in Leitungs- und Brunnenwasser wiederholt aufgefunden; ebenso ist in vereinzelten Fällen der Nachweis von Typhusbazillen im Leitungswasser geglückt. In weitaus der Mehrzahl solcher Untersuchungen ist freilich das Resultat negativ auch dann, wenn das Wasser zweifellos bei der Ausbreitung der Krankheit ursächlich beteiligt ist; teils deshalb, weil die Untersuchung des Wasser so spät vorgenommen wird, daß die hineingelangten Bakterien mechanisch entfernt oder abgestorben zu sein pflegen; teils weil die Erkennung der immer in starker Minderzahl vorhandenen pathogenen Bakterien unter den saprophytischen auf große Schwierigkeiten stößt.

Unter diesen Umständen hat man versucht, die bakteriologische Untersuchung noch in anderer Weise zum Nachweis der Infektionsgefahr auszunutzen, indem man die Zahl der gesamten im Wasser enthaltenen Keime und die unter diesen vorhandenen Arten als Symptome der Infektionsgefahr aufgefaßt hat. Dies wird weit eher zulässig sein, als die Annahme symptomatischer Beziehungen zwischen den gelösten chemisch nachweisbaren Stoffen und Infektionsgefahr, weil auch die nicht pathogenen Bakterien doch wenigstens auf denselben Wegen ins Wasser gelangen, wie die pathogenen, während für die chemisch nachweisbaren Verunreinigungen eine ganz andere Art des Zutritts in Betracht kommt.

Diese symptomatische Verwertung setzt indessen eine genauere Kenntnis darüber voraus, von welchen Einflüssen die Zahl und das Auftreten verschiedener Arten der in einem Wasser vertretenen Bakterien abhängt; vielleicht wird durch solche Einflüsse eine symptomatische Beziehung zwischen saprophytischen und pathogenen Keimen unmöglich gemacht.

Vor allem kommen die Herkunft und die Zutrittswege der Bakterien in Betracht. Es bestehen hier vorzugsweise zwei Wege: a) Einwanderung vom Boden aus, in erster Linie von der Bodenoberfläche. Von dieser aus werden die Bakterien durch Niederschläge, Schneeschmelze usw. den Bächen, Flüssen und offenen Leitungen zugeführt. Sehr oft gelangen sie aber auch in Grundwasserbrunnen, indem sich unter der Deckung des Brunnens, durch Spalten zwischen der undichten Wandung und dem angrenzenden Erdreich, durch Spalten, die vom Schlammfang durch die Mauerung des Brunnens hindurchführen, gröbere Wege und mittels dieser Zuflüsse zum Brunnenschacht herstellen (s. Fig. 13). — In tieferen Bodenschichten finden sich solche Kommunikationen viel seltener. b) Zweitens kommen solche Keime in Betracht, die von der Herrichtung der Wasserentnahmestelle herrühren. Beim Bau eines Brunnens, und wenn dieser auch nur im Eintreiben eines eisernen Rohres besteht, bei der Fassung einer Quelle, bei der Anlage und bei Reparaturen einer Leitung usw. werden durch Verschleppung oberflächlicher Bodenteilchen, durch das verwendete Material und durch die Arbeiter zahlreiche Keime eingebracht.

Das weitere Schicksal der so in das Wasser gelangten Keime ist dann sehr verschieden; sie können sich dort entweder vermehren; oder konserviert werden; oder absterben bezw. mechanisch wieder entfernt werden.

Bezüglich der Vermehrungsfähigkeit im Wasser verhalten sich die einzelnen Bakterienarten so, daß einige im Wasser häufig vor-

kommende Arten sich ungemein reichlich vermehren, wenn auch das Wasser noch so rein und frei von organischen Beimengungen ist. Dahin gehören sowohl mehrere die Gelatine festlassende, wie auch einige verflüssigende Arten, die gemeinsam als sog. „Wasserbakterien“ bezeichnet werden. — Andere Arten und speziell die meisten pathogenen Bakterien vermehren sich im Wasser nicht oder doch nur für kurze Zeit und in unerheblichem Grade. Der Gehalt eines Wassers an organischen Substanzen zeigt zu der Zahl der entwickelten Bakterien weniger Beziehung als ein gewisser Salzgehalt. Erst bei relativ großen Mengen von organischen Stoffen scheinen gewisse Bakterien günstig beeinflußt zu werden, aber vorzugsweise saprophytische Arten. Anhaltende Vermehrung von pathogenen Arten erfolgt hauptsächlich an schwimmenden festen Partikeln aus pflanzlichem und tierischem Detritus.

Konservierung der Bakterien wird von allen Wässern, die den üblichen Salzgehalt aufweisen, geleistet; für pathogene Arten mindestens für Wochen, für viele Saprophyten erheblich länger.

Wiederentfernung der Bakterien erfolgt teils durch Absterben; teils durch Absetzen, namentlich in ruhendem Wasser; bei benutzten Leitungen und Brunnen hauptsächlich durch die häufige Wasserentnahme. Pathogene, nicht fortgesetzt wuchernde Keime werden auf diese Weise gewöhnlich nach einigen Wochen wieder entfernt sein, falls nicht kontinuierliche Zufuhr zum Wasser stattfindet. Ein Teil der Bakterien pflegt aber jeder Art von Entfernung, auch der mechanischen, sehr energisch zu widerstehen. Leitungsrohre, Brunnenrohre und -Kessel zeigen meist eine schleimige Auskleidung der Wandungen, die hauptsächlich aus Bakterien besteht und die selbst durch stark fließendes Wasser nicht vollständig beseitigt wird.

Selbstverständlich kommen in ein und demselben Wasser zeitliche Schwankungen des Bakteriengehaltes vor. Wässer aus Flachbrunnen zeigen im Sommer mehr Bakterien als im Winter, Flußwässer verhalten sich oft gerade umgekehrt; plötzliche starke Regengüsse bewirken in offenen oder undichten Wasserreservoiren erhebliche Steigerungen des Bakteriengehaltes. Ferner pflegt durch längeres Pumpen die Anzahl der Mikroorganismen in den Brunnenwässern zu sinken; doch bleibt bei manchen Brunnen dieser Effekt aus, wenn das Grundwasser selbst bakterienhaltig ist oder wenn starke verunreinigende Zuflüsse fortwährend in den Brunnen gelangen. Zuweilen bewirkt das Pumpen sogar eine Steigerung der Bakterienzahl durch Aufrühren des abgelagerten bakterienreichen Schlammes.

Aus vorstehendem ergibt sich, daß aus der **Zahl** der Bakterien

Folgerungen für die Infektionsgefahr nur mit großer Einschränkung gezogen werden dürfen.

Nur wenn keine oder sehr wenige (unter 20 in 1 ccm) Keime in einem Wasser gefunden werden, ist ein sicherer Schluß zu ziehen, nämlich der, daß keine Infektionsgefahr vorliegt. Ein solches Resultat ist unbedingt erforderlich z. B. bei der Untersuchung eines für zentrale Wasserversorgung bestimmten Quell- oder Grundwassers.

Werden mäßige Mengen von Bakterien (20—200 in 1 ccm) in einem Wasser nachgewiesen, so ist Infektionsgefahr nicht sicher ausgeschlossen, weil z. B. die groben Wege, auf denen die Bakterien zutreten, durch vorübergehende Trockenheit (Quellwässer im Sommer und Herbst) ungangbar und die vorher eingeführten Bakterien durch lebhafte Wasserentnahme wieder entfernt sein können.

Sind zahlreiche Bakterien (200—5000 und mehr) vorhanden, so können diese alle von der Brunnenanlage herrühren, zum großen Teil aus vermehrungsfähigen Wasserbakterien bestehen und daher unverdächtig sein; oder sie können z. B. aus Dachtraufen in den Brunnen gelangt sein, dessen Lage im übrigen jeden Infektionsverdacht ausschließt; oder aber sie können von dem Bestehen grober Zufuhrwege und vom Hineingelangen suspekter Zuflüsse herrühren. — Eine Entscheidung über die Bedeutung der gefundenen Zahl von Bakterien ist daher in den meisten Fällen durch einmalige Untersuchung nicht zu liefern.

Dagegen ist die Bakterienzählung von großer Bedeutung bei fortlaufender, täglicher Kontrolle. Alsdann ergibt sich eine Durchschnittsziffer, deren Überschreitung ein vortreffliches Warnungszeichen liefert. Eine derartige Kontrolle ist namentlich für die Filterbetriebe bei Flußwasserversorgungen von größter Bedeutung (s. unten).

Die **Arten** von Bakterien, die im Wasser angetroffen werden, sind außer den erwähnten stark vermehrungsfähigen Wasserbakterien sehr mannigfaltig. Nicht selten begegnet man chromogenen Arten; ferner Cladothricheen; auch Schimmelpilzen. Sehr verbreitet sind Koliarten; manche Autoren betrachten diese als spezifische Indikatoren einer Verunreinigung mit Fäkalien. Aber es ist nicht hinreichend sichergestellt, daß sie nicht auch von der Anlage herrühren, oder durch Luftstaub oder durch ganz unverdächtige Zuflüsse in das Wasser gelangt sein können. — Nur insofern ist die Feststellung der Arten bei der bakteriologischen Untersuchung von Bedeutung, als eine größere Mannigfaltigkeit und ein reichliches Auftreten von bei 37° wachsenden Kolonien (namentlich Coliarten) Verdacht auf das Bestehen gröberer verunreinigender Zuflüsse erwecken muß, während die Wasserbakterien

und die von der Anlage herrührenden Keime meist mehr gleichartige und nicht bei höherer Temperatur wachsende Kolonien verursachen.

5. **Die Lokalinspektion.** Da bezüglich der Beurteilung der Infektionsgefahr eines Wassers die chemische Untersuchung ganz, die bakteriologische Untersuchung sehr häufig im Stich läßt, ist eine weitere Ergänzung der Methoden dringend erwünscht. Diese wird durch die Lokalinspektion der Wasserentnahmestelle geliefert, die darauf ausgeht, festzustellen, ob gröbere Wege für Verunreinigung des Wassers vorhanden sind und ob gelegentlich von diesen aus eine Infektion des Wassers erfolgen kann. Die Lokalinspektion will also nicht nur eine momentan etwa vorhandene bedenkliche Verunreinigung des

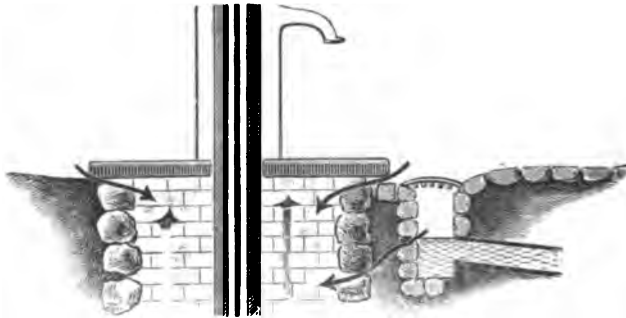


Fig. 13. Schlechter Schachtbrunnen.

Wassers feststellen, sondern sie geht weiter, indem sie ermittelt, ob in absehbarer Zeit überhaupt die Möglichkeit einer Infektion des Wassers vorliegt.

Die Lokalinspektion hat bei Bach- und Flußwässern darauf zu achten, ob irgendwo Abwässer des menschlichen Haushalts, Dejekte von Menschen und Tieren usw. Zugang zum Wasser finden; ob Reinigung von Wäsche stattfindet (Waschbänke); ob Schiffe auf dem Flusse verkehren und in welchem Umfang. — Bei Quellwässern ist festzustellen, ob ihr unterirdischer Lauf von erheblicher Länge ist und ob sie nicht weiter oberhalb aus oberflächlichen Rinnsalen entstehen; ob im Bereich der letzteren gedüngte Wiesen liegen; ob gelegentlich eine größere Anzal von Wald-, Wegearbeitern usw. sich dort aufhält; ob Kommunikationen mit Bächen und Flüssen bestehen.

Bei Grundwasserbrunnen ist zunächst die oberflächliche Umgebung zu mustern; es ist zu ermitteln, ob das Terrain so geneigt ist, daß oberflächlich sich sammelndes Wasser (nach starkem Regen, bei Schneeschmelze) nach dem Brunnen zu abläuft. Sodann ist zu

beachten, ob der Brunnenkranz das Niveau überragt, ob Defekte in der Mauerung, in der Deckung, am Schlammfang oder an dem das überschüssig ausgepumpte Wasser abführenden Rinnstein vorhanden sind, durch welche Spülwasser von Wäsche, Geschirren usw. in den Schacht gelangen kann. Sodann ist der Brunnen womöglich aufzudecken und der Schacht im Inneren abzuleuchten; finden Einläufe von Abwässern Spülflüssigkeiten oder Niederschlagswasser statt, so pflegen sich dunkle oder weißliche Streifen an der Wandfläche zu zeigen. Auch in größerer Tiefe zutretende Einläufe können oft in dieser Weise erkannt werden. Sind trotz dringenden Verdachts gröbere Wege zwischen Oberfläche und Brunnen oder z. B. zwischen Quellen und Flüssen nicht ohne weiteres zu ermitteln, so kann durch Eingießen von Fluoreszin-(Uraninkali) oder Saprollösungen oder auch von Aufschwemmungen von Hefe, B. prodigiosus bzw. Wasservibrionen auf bestehende Kommunikationen geprüft werden.

Die in dieser Weise vorgenommene Lokalinspektion ist geeignet, wertvolle Aufschlüsse über die Infektionsgefahr eines Wassers zu geben, meistens besser als die bakteriologische und stets besser als die chemische Untersuchung. Der letzteren ist sie außerdem noch überlegen in dem Nachweis der Appetitlichkeit des Wassers. Diese ergibt sich aus der Besichtigung der Umgebung einfacher und zuverlässiger als aus dem vieldeutigen Resultat der chemischen Prüfung.

Entschieden verwerflich ist die Methode, welche man jetzt vielfach noch anwendet, um festzustellen, ob durch Wasser die Ausbreitung einer Epidemie verursacht ist. Dieselbe besteht darin, daß das verdächtige Wasser einem Chemiker oder Apotheker zur Untersuchung zugesandt wird. Dieser gibt sein „Gutachten“ dahin ab, daß das Wasser wegen hohen Gehaltes an organischen Stoffen, Chloriden, Nitraten usw. schlecht, gesundheitsgefährlich und infektionsverdächtig sei. Damit ist dann gewöhnlich die Beweisaufnahme geschlossen und die Ätiologie wird als genügend aufgeklärt angesehen: Das „schlechte“ Wasser hat den Typhus veranlaßt. — Wir wissen nun aber aus zahlreichen vergleichenden Untersuchungen, daß oft gerade die typhusreichsten Städte ein chemisch reines, typhusfreie Städte ein enorm verunreinigtes Wasser haben; dasselbe Verhältnis ist für einzelne Stadtteile und Straßen zu konstatieren. Würde man sich in denjenigen Fällen, wo ein Brunnen in solcher Weise verdächtig ist, die Mühe geben, auch die benachbarten Brunnen aus typhusfreien Häusern zur Untersuchung heranzuziehen, so würde man sicher dort oft noch wesentlich höhere Zahlen finden. Nach den oben gegebenen Darlegungen über die Verschiedenheit der Wege für die Infektionserreger einerseits, für die gelösten, chemisch nachweisbaren Verunreinigungen des Wassers andererseits kann ein solches Verhalten auch durchaus nicht überraschen. Angesichts der ungeheuren Verbreitung unreiner Brunnen innerhalb der Städte ist es daher völlig unzulässig, in der chemisch schlechten Beschaffenheit eines einzelnen Brunnens einen Beweis für die Infektiosität des Wassers zu sehen. Erst wenn eine Untersuchung nach den oben angeführten Kriterien eine

Infektionsgefahr für das Wasser festgestellt hat, wächst die Wahrscheinlichkeit, daß Infektionen durch das Wasser erfolgt sind; aber auch dann sind in jedem Erkrankungsfall die übrigen Verbreitungswege der Krankheitserreger sehr wohl in Rechnung zu ziehen.

D. Die Wasserversorgung.[1]

1. Lokale Wasserversorgung.

Für einzelne Haushaltungen kommt die Entnahme von Bachwasser, Quellwasser oder Grundwasser in Betracht. Bach- (und Teich-) wasser ist stets suspekt und es bedarf genauer Lokalinspektion, ehe

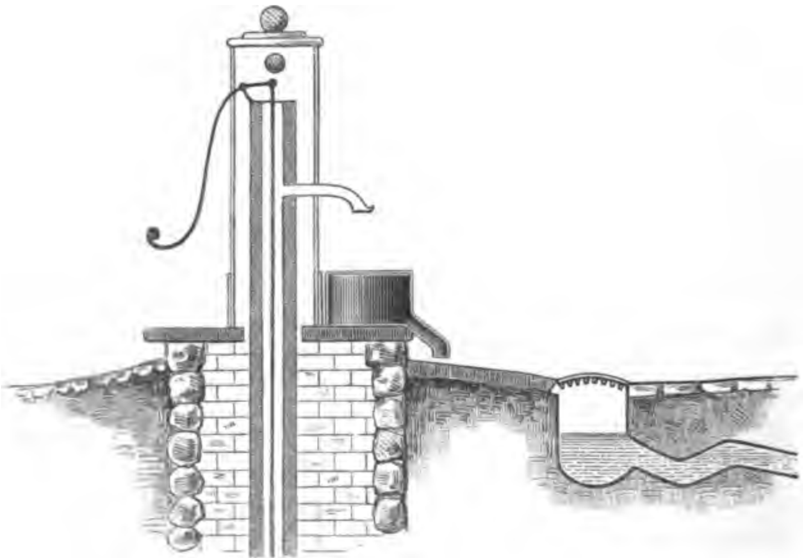


Fig. 14. Guter Schachtbrunnen.

ausnahmsweise die Benutzung solchen Wassers als Trink- oder Brauchwasser gestattet werden kann. Quellen sind in einer Weise zu fassen, daß sie gegen jede Verunreinigung von außen geschützt sind; auch die Leitung muß vollkommen geschlossen sein.

Für die Hebung des Grundwassers sind Kesselbrunnen oder Röhrenbrunnen in Gebrauch. Die **Kesselbrunnen** (Schachtbrunnen) müssen völlig dicht gemauert sein, so daß das Eindringen des Wassers

---

[1] Vgl. die am 16. Juni 1906 vom Bundesrat herausgegebene „Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen", Veröffentlichung des Kaiserl. Gesundheitsamts 1906 Nr. 30, oder Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1906 Nr. 17.

nur von unten her erfolgt; ferner müssen sie oben völlig dicht abgedeckt sein und dem Terrain muß eine solche Neigung gegeben werden, daß das Brunnenrohr auf dem höchsten Punkte steht. Sehr zweckmäßig ist es, den Brunnenschacht 1—1 $^1/_2$ m unter der Bodenoberfläche zu decken und dann eine Schicht von Feinsand aufzulagern, so daß etwaige Zuflüsse diese Sandschicht passieren müssen. Ferner ist es empfehlenswert, das Saugrohr aus dem Kessel unterirdisch eine Strecke weit horizontal zu führen, so daß die Pumpe an ganz anderer Stelle sich befindet, wie der nach oben dicht abgeschlossene und von einer starken Erdschicht überlagerte Kessel. Für das ablaufende Wasser ist ein wasserdichter Trog mit gut gedichteter Ablaufrinne herzustellen (Fig. 14).

Fast immer sind indes die Kesselbrunnen einer Infektion relativ leicht ausgesetzt; außerdem ist eine Reinigung und Desinfektion relativ schwierig.

Viel besser sind die sogenannten abessinischen **Röhrenbrunnen** zur Wasserversorgung geeignet, bei welchen ein unten durchlochtes eisernes Rohr in die Grundwasser führende Schicht des Bodens eingerammt wird (Fig. 15). Das umgebende Erdreich legt sich diesem Rohr als fester Mantel an, so daß ein Einfließen von Verunreinigungen unmöglich ist. Nur durch die Öffnung der oben auf das Rohr aufgesetzten Saugpumpe können mit Staub oder Regen minimale Mengen unschädlicher Bakterien in das Pumpenrohr gelangen, die sich allmählich zu einer schleimigen Auskleidung des Rohres entwickeln.



Fig. 15. Röhrenbrunnen.

Diese Brunnen sind sehr leicht zu desinfizieren. Schon einfaches Auspumpen und mechanische Säuberung des Rohrs mittels geeigneter Bürsten liefert fast keimfreies Wasser; durch Eingießen einer 5 prozentigen Mischung von roher Karbolsäure und Schwefelsäure oder auch durch Einleiten von Dampf von 100° für einige Stunden kann das Wasser für mehrere Tage völlig keimfrei gemacht werden.

Wir haben also in diesen Röhrenbrunnen ein vorzügliches Mittel, völlig ungefährliches Wasser zu beschaffen. Gegenüber den Kesselbrunnen haben die Röhren-

brunnen nur dann einen erheblichen Nachteil, wenn innerhalb kurzer Zeit ausgiebige Wasserentnahme erforderlich ist; in diesem Fall ist das bei den Kesselbrunnen vorhandene größere Reservoir unentbehrlich.

Ist das Grundwasser eisenhaltig, so läßt sich das Wasser in manchen Fällen eisenfrei zutage fördern, wenn der Brunnenschacht einen Mantel bekommt, der mit Stücken Ätzkalk (Weißkalk) gefüllt ist, und wenn auch der Boden des Schachts mit einer Kalklage bedeckt wird. Eine solche Vorkehrung ist imstande, für viele Jahre alles gelöste Eisen des zuströmenden Wassers abzuscheiden und zurückzuhalten. — Bei manchen eisenhaltigen Wässern versagt indes dies Verfahren. Hier muß dann, entsprechend der unten erläuterten, im Großbetrieb angewendeten Methode, eine Filtration des Wassers durch ein Grobsandfilter eingerichtet werden, der bei reichlichem Eisengehalt noch eine Lüftung des Wassers durch Niederfall aus einer Brause vorausgehen muß.

In einfachster Form stellt Fig. 16 den dazu erforderlichen Apparat dar, der aus einem Filterfaß und einem Faß für das durchfiltrierte reine Wasser

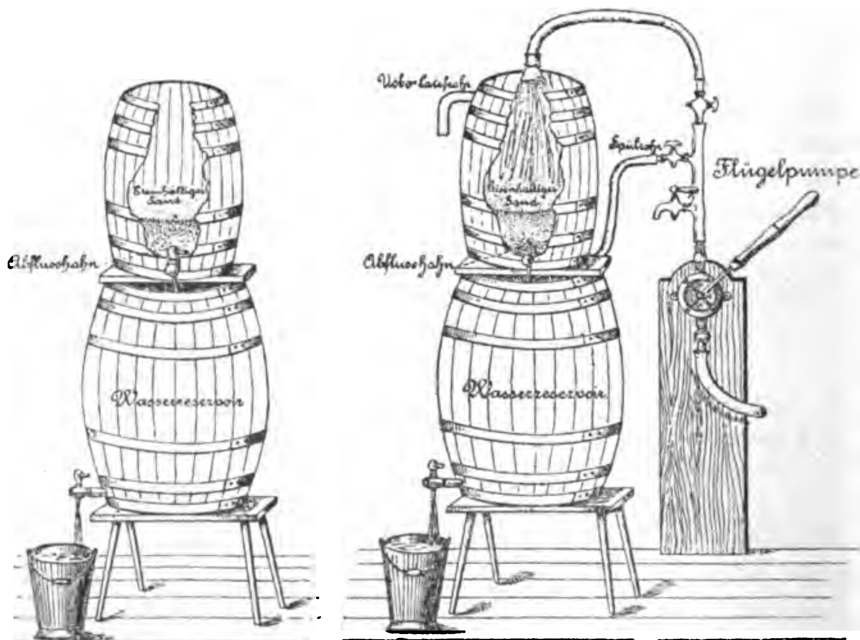


Fig. 16. Fig. 17.

Enteisenung des Wassers bei Brunnenanlagen (nach Dunbar).

besteht. Ersteres erhält eine 30 cm hohe Schicht Sand von 1—1½ mm Korngröße; die Sandschicht wird mit einem 1 mm dicken, vielfach durchlochten

Zinkblech bedeckt. Der Einlauf des Hahns wird durch Messingdrahtnetz gegen Eindringen von Sandteilchen geschützt. Das Filter muß über Nacht bei geöffnetem Hahn leer stehen; alle 2 bis 4 Monate muß das Filter durch Aufrühren und Waschen des Sandes gereinigt werden. — In Fig. 17 ist der Apparat mit Anwendung einer Flügelpumpe und Brause abgebildet; hier ist ein Spülrohr angeschlossen, durch das die Reinigung bequemer erfolgen kann.

2. Zentrale Wasserversorgung.

Zentrale Versorgungen sollten soviel als möglich in größeren und kleineren Städten eingeführt werden. Auf diese Weise kann der stets verunreinigte städtische Untergrund umgangen und also ein viel appetitlicheres Wasser beschafft werden; die Gefahr, daß gelegentlich pathogene Pilze in das Wasser gelangen, kann bei guter Auswahl der Entnahmestelle und guter Deckung der ganzen Anlage auf ein Minimum reduziert werden. Dabei wird durch die außerordentlich bequeme Lieferung reichlichster Wassermassen die Bevölkerung geradezu zur Reinlichkeit erzogen und damit eine außerordentlich wirksame Beseitigung der Infektionsgefahr erzielt; ferner wird ein Quantum von Arbeitskraft und Zeit erspart, das in nationalökonomischer Beziehung nicht zu unterschätzen ist, und es wird eine wesentlich größere Garantie für das Löschen entstandener Brände gegeben.

Die Entnahme geschieht dabei entweder aus Quellen. Die Quellen müssen nach aufmerksamer Lokalinspektion und wiederholter bakteriologischer Prüfung (namentlich nach reichlichen Niederschlägen) gefaßt werden, um den Bestand derselben zu sichern, gleichmäßigen Betrieb zu erzielen und Verunreinigungen fern-

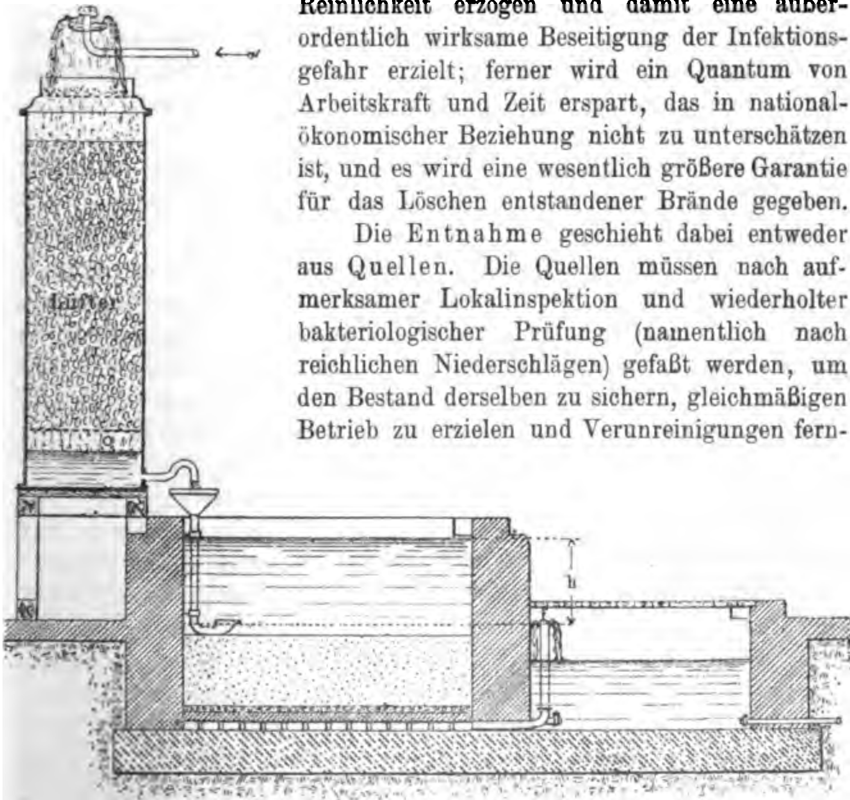


Fig. 18. Enteisenungsanlage nach PIEFKE.

zuhalten. Reichliche Quellen in der Nähe der Stadt liefern die beste und billigste Bezugsquelle; bei sehr langen Leitungen (wie z. B. Wien 97 km, Frankfurt 82 km) werden die Kosten bedeutend. Die Qualität des Wassers ist meist gut, doch oft die des Grundwassers nicht übertreffend. Die Quantiät ist schwer abzuschätzen und schwankt in wenig erwünschter Weise; es sind durch plötzliche Verminderung der Wassermenge schon große Kalamitäten entstanden. Daher ist eine unbedingte Empfehlung der Quellwasserleitungen nur in Gebirgsgegenden zulässig, wo überreichlich Quellen zu Gebote stehen.

Oder die Entnahme erfolgt aus dem Grundwasser. Dann werden Sammelbrunnen angelegt an einer Stelle der betreffenden Gegend, in welcher reines und reichliches Grundwasser vorhanden ist. Letzteres findet man namentlich in der Nähe der Flüsse, die den tiefsten Punkt der Talsohle bezeichnen; doch ist zu beachten, daß bei Hochwasser Keime in das Grundwasser übertreten können, die bei grobkörnigem Boden auf 100—200 m Entfernung vom Flusse horizontal fortgeführt werden, und daß in Überschwemmungsgebieten mit lockerem Boden ein rascher Durchtritt keimhaltigen Wassers möglich ist. Bezüglich der Reinheit ist es wichtig, daß keine Ortschaften im Gebiet des betreffenden Grundwassers liegen, ferner kein stark gedüngtes Land, namentlich nicht Gartenland, sondern besser Wiese und Wald (in dieser Beziehung ist Inundationsterrain günstig), und daß die filtrierende Bodenschicht feinkörnig und von genügender Höhe ist. Das Wasser ist auf seine Keimfreiheit durch Eintreiben eines Röhrenbrunnens, Desinfektion desselben und Probenahme nach anhaltendem Abpumpen zu prüfen. Außerdem ist es einer genauen chemischen Analyse zu unterwerfen; namentlich ist auch darauf zu achten, ob Eisen oder Mangan im Wasser auftritt. Findet sich Eisen in solcher Menge, daß das Wasser trübe und unappetitlich wird, ist aber im übrigen nichts gegen das betreffende Wasser einzuwenden, so braucht darum noch nicht auf die Benutzung desselben zur Wasserversorgung verzichtet zu werden. Das Eisen läßt sich vielmehr relativ leicht aus dem Wasser entfernen, wenn man letzteres zunächst regenartig herabfallen und über eine Schicht von Kokesstücken rieseln oder auch nur durch ein relativ grobes Kiesfilter fließen läßt; auf diese Weise wird es so stark durchlüftet, daß die ganze Menge des Eisenbikarbonats die Kohlensäure verliert und durch den Sauerstoff der Luft rasch und vollständig in Eisenoxydhydrat verwandelt wird; die Flocken von Eisenoxydhydrat bleiben im Filter zurück; 1 qm eines solchen Filters filtriert pro Tag 20 cbm eisenfreies Wasser (s. Fig. 18). Ist das Fe in Form von Eisensulfat vorhanden, so gelingt die Ent-

eisenung durch Lüftung schwieriger und unter Bildung von freier Schwefelsäure. Ferner bleibt begleitendes Mangan beim Rieseln meist unausgeschieden. In diesen Fällen muß eine Behandlung mit Chemikalien eintreten, welche die Mn- (event. auch die Fe-)Verbindungen ausfällen. Hierzu scheint Ätzkalk sich am besten zu eignen. Der Betrieb wird dadurch aber kompliziert und teuer; Enteisenung und daneben Entmanganung eines Wassers wird nur dann zu wählen sein, wenn sie nicht zu umgehen und anderes Wasser nicht zu beschaffen ist.

In das geeignet befundene Wasserterrain werden dann ein oder mehrere Fassungsbrunnen (gewöhnlich eiserne Röhrenbrunnen) eingebaut, welche meist mit einer Heberleitung untereinander verbunden werden; oder es werden aus Sickergräben und Drainrohren Sammelgalerien gebildet.

Gewöhnlich ist Grundwasser relativ billig zu haben; allerdings erhöhen sich die Kosten der Anlage dadurch, daß es im Gegensatz zu dem Quellwasser künstlich gehoben werden muß. Aber dafür ist die Entfernung und die Länge der Leitung unbedeutend. Die Qualität steht gewöhnlich dem Quellwasser kaum nach; die Quantität bietet meist keine Schwierigkeiten, die Anlage ist bei sorgsamer Auswahl des Terrains je nach der Vergrößerung der Stadt beliebig zu erweitern.

Drittens wird auch Flußwasser benutzt; jedoch sollte dies nie ohne vorhergehende Reinigung geschehen (s. S. 130). Eine solche erfolgt in unvollkommener und vorbereitender Weise wohl durch Klärbassins, in genügender Weise aber erst mittels Filtration durch Sand, der in große Bassins eingefüllt ist.

Die Bassins sind gewöhnlich 2—4000 qm groß, aus Mauerwerk und Zement wasserdicht hergestellt, in manchen Städten zur Vermeidung von Eisbildung überwölbt. Am Boden befindet sich eine Reihe von Sammelkanälen. Das Filter selbst ist folgendermaßen zusammengesetzt; von unten bis 305 mm Höhe große Feldsteine, dann kleine Feldsteine in Schichthöhe von 102 mm, darauf grober Kies 76 mm, mittlerer Kies 127 mm, feiner Kies 152 mm, grober Sand 51 mm, scharfer Sand 559 mm; gesamte Höhe 1372 mm. Nur die Sandschicht von 50—60 cm Höhe wird als eigentliche Filtrierschicht angesehen.

Ein solches Filter wird zunächst gefüllt, bis das Wasser zirka 1 m hoch über der Oberfläche steht. Dann läßt man es 24 Stunden oder länger stehen, damit eine Haut von Sinkstoffen, Algen und Bakterien sich bildet. Diese stellt nämlich den wesentlichen Teil des Filters dar, für den der Sand nur die Stütze darstellt; teils durch die oberflächliche Haut, teils durch den schleimigen Überzug, den gewisse Bakterienarten in den Poren des ganzen Filters etablieren, findet erst die eigentliche Zurückhaltung der im Wasser enthaltenen Bakterien statt. Nimmt man das Filter, ehe die Decke sich gebildet hat, in Betrieb, so gehen fast alle Bakterien durch. Im Anfang ist die Filtration immerhin noch nicht vollkommen; dafür genügt aber ein Druck von wenigen Zentimetern, um ausreichende Förderung des Filters zu erzielen. Allmählich bei zunehmender

Verschleimung des Filters, muß man aber mit dem Druck immer höher steigen, um die gleiche Wassermenge durchzutreiben; dabei wird die qualitative Leistung immer besser. Zuletzt kommt man an eine Grenze: Beträgt die Druckdifferenz, bei welcher die mindestens erforderliche Wassermenge gewährt wird, mehr als 60 cm, so ist Gefahr, daß die Decke des Filters zerrissen wird. Bei geringerem Druck wird aber schließlich die Wassermenge zu gering, und es bleibt dann nichts übrig, als Reinigung des Filters, d. h. es wird zunächst durch eine besondere Entwässerungsanlage alles Wasser abgelassen, und dann wird die oben lagernde braunschwarze Schlammschicht, die gewöhnlich nur einige Millimeter dick ist, abgetragen, höchstens bis 2 cm in den Sand hinein. Es macht für

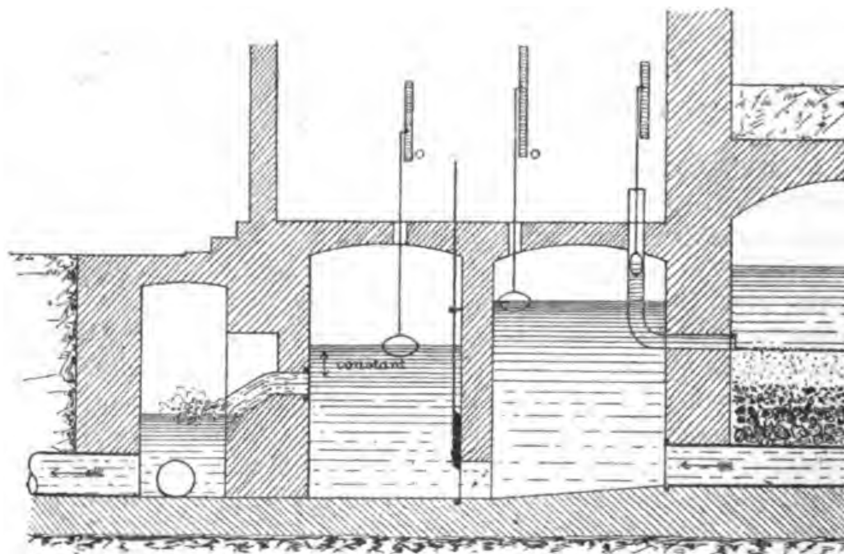


Fig. 19. Filter mit Regulierung nach GILL.

a Filterhaut. *b* Sandschicht. *c* Feinkies. *d* Grobkies. *e* Große Feldsteine. In der dem Filter zunächst gelegenen Kammer wird durch die Differenz der beiden Schwimmerstände die Filterdruckhöhe gemessen. In der zweiten Kammer wird durch Regulierung der Schieberstellung die filtrierte Wassermenge konstant erhalten.

die Filterwirkung nichts aus, wenn auch die Sandschicht bis auf $^1/_3$ ihrer Stärke aufgebraucht wird. Der schmutzige Sand wird gewaschen und demnächst wieder verwandt.

Filtrationsdruck und Fördermenge müssen fortgesetzt beobachtet werden. Die Sammelkanäle der Filter stehen mit dem gemeinsamen Reinwasserreservoir in Verbindung. Am Ausfluß des Reinwasserkanals ist eine Schiebervorrichtung, mittels welcher die Menge des abfließenden Wassers reguliert werden kann. Aus der Stellung dieses Schiebers wird auf den Filtrationsdruck geschlossen; die quantitative Leistung des einzelnen Filters dagegen wird aus der Stellung des Schiebers in der Zuflußleitung bestimmt. — An neueren Filtern pflegt man GILLsche Meß- und Regulierungskammern anzubringen, wie sie in Fig. 19 dargestellt sind.

Die Geschwindigkeit der Wasserbewegung beträgt gewöhnlich 100 mm pro Stunde; die Fördermenge stellt sich dann auf 0·1 cbm pro Stunde und

1 qm Filterfläche. Rechnet man pro Kopf und die Stunde des maximalen Konsums 10 Liter Wasserverbrauch, so ist bei der angegebenen Geschwindigkeit für je 10 Menschen 1 qm Filterfläche erforderlich; für 300 000 also 30 000 qm. Dazu kommt noch eine beträchtliche Reservefläche, welche der zeitweisen Ausschaltung eines Filters behufs Reinigung bzw. Auffüllung Rechnung trägt.

Die Leistung der Filter bezüglich der Qualität des Wassers besteht darin, daß zunächst die organischen Stoffe und das NH_3 ziemlich erheblich verringert werden; HNO_3 wird wenig, Cl gar nicht beeinflußt. — Die Bakterien werden im ganzen gut abfiltriert. Im Durchschnitt findet man 50—200 in 1 ccm. Diese stammen zum Teil von den Bakterien her, welche dem Material der tieferen Filterschichten von vornherein anhaften; zum Teil entstammen sie aber dem unreinen Wasser. Es hat sich gezeigt, daß die Filter niemals völlig keimdicht arbeiten, sondern daß ein kleiner Bruchteil der aufgebrachten Bakterien regelmäßig in das Filtrat gerät; je zahlreicher die Bakterien im unfiltrierten Wasser sind, um so höher steigt auch der Bakteriengehalt des Filtrats. Am günstigsten ist die Wirkung der Filter bei langsamer Filtration, ferner bei Vermeidung stärkerer Druckschwankungen und überhaupt aller Unregelmäßigkeiten im Filterbetrieb. Unter solchen Umständen wird die Zahl der Bakterien etwa auf $^1/_{1000}$ reduziert, und damit kommen die Infektionschancen so gut wie ganz in Wegfall.

Eine sehr gefährliche Periode bleibt aber immerhin die Zeit, wo ein gereinigtes Filter neu in Benutzung genommen wird. Alsdann soll das Wasser mindestens 24 Stunden ruhig sedimentieren; und die danach während weiterer 12—24 Stunden durchfiltrierten Wassermengen sollen unbenutzt bleiben. — Ferner kommen bei jedem Filtrierbetrieb gelegentlich noch außergewöhnliche Störungen des Betriebes vor; entweder kann die Reinigung nicht zur Zeit erfolgen und die Filterdecke reißt; oder es muß die abgenutzte Sandschicht erneuert werden; oder das Flußwasser ist durch Hochwasser stark mit lehmigen Partikeln getrübt, und es stellt sich auf den Filtern rasch eine undurchlässige Schicht her, die fortwährend mechanisch beseitigt oder durch abnorm hohen Druck überwunden werden muß. In allen diesen Fällen treten große Mengen von Bakterien im Filtrat auf, und das ist natürlich um so bedenklicher, als das Flußwasser einer Verunreinigung mit pathogenen Keimen ganz besonders exponiert ist.

Die Wasserversorgungen mit filtriertem Flußwasser sind daher hygienisch nur zulässig bei strenger Überwachung des Betriebes. Vor allem muß durch tägliche bakteriologische Untersuchung der einzelnen Filterabläufe kontrolliert werden, daß durchschnittlich nicht mehr als ungefähr 100 Bakterien in 1 ccm hindurch-

treten. Dies Resultat ist erfahrungsgemäß nur zu erreichen, wenn in keinem Filter zu irgendeiner Zeit die Filtrationsgeschwindigkeit 100 mm pro Stunde überschreitet, wenn nach der Reinigung eines jeden Filters eine ausreichende Schonzeit gewährt wird, und wenn auch sonst irgend welche Störungen des Filterbetriebs nicht vorliegen.

Bei einigen Wasserwerken verwendet man statt der Sandfilter sogen. Filtersteine (System Fischer-Peters). Es sind dies 1 qm große, aus gewaschenem Flußsand von bestimmter Korngröße mit Natron-Kalksilikat als Bindemittel hergestellte, im Inneren hohle Steine. Die Filtration geschieht von außen nach innen; die Schmutzschicht fällt von den senkrechten Wänden kontinuierlich ab. Die Reinigung der Filterelemente erfolgt durch Umkehren der Stromrichtung des Wassers. Die Filter beanspruchen weniger Raum als die Sandfilter, sollen sich aber nicht überall bewährt haben.

In neuerer Zeit werden statt der schwerfälligen Sandfilter viel benutzt die amerikanischen Schnellfilter (Jewell-Filter). Denselben liegt das Prinzip zugrunde, daß das zu reinigende Wasser zunächst in Sedimentierbassins mit 10—30 g pro 1 cbm (variierend namentlich nach der Trübung des Wassers) Aluminiumsulfat (Alaun) versetzt wird. Dieses setzt sich mit dem Kalziumkarbonat des Wassers um, so daß Tonerde, Aluminiumhydrat, als flockiger Niederschlag entsteht, der die Trübungen zum Teil mit zu Boden reißt. Nach 1—2 Stunden kommt das Wasser auf ein Sandfilter, auf dessen Oberfläche die Tonerde die eigentlich filtrierende Schicht bildet. Binnen wenigen Stunden filtriert dies Filter selbst bei einem Wasserdurchgang von 5 cbm pro Stunde und pro Quadratmeter Filterfläche — d. h. bei 50 mal so schneller Filtration als in den großen Sandfiltern — alle Bakterien ab. Nimmt der Ertrag ab, so wird das Filter durch ein Rührwerk und Spülung in etwa 10 Minuten wieder gebrauchsfähig gemacht. — Diese Filter bedeuten zweifellos einen Fortschritt; sie nehmen wenig Raum ein, sind in kürzester Frist betriebsfähig und geben ausreichende Sicherheit. Nur muß ihr Betrieb ebenfalls sorgfältig überwacht werden; namentlich bei stark trübem Wasser können sie auch in ungenügender Weise Bakterien zurückhalten.

Auch durch Ozonisierung des Wassers hat man die Bakterien bei zentralen Wasserversorgungen zu beseitigen versucht. Die Firma Siemens & Halske hat ein Verfahren technisch verwendbar gemacht, bei welchem elektrisch hergestelltes Ozon auf das Wasser in solcher Konzentration einwirkt, daß die Bakterien der Coligruppe noch sicher zugrunde gehen.

Zu der Infektionsgefahr der Flußwasserleitungen gesellt sich als erheblicher Nachteil die ungünstige Temperatur des Wassers

und die grob sichtbare Verschmutzung desselben; durch letztere entbehrt es der erforderlichen Appetitlichkeit, durch erstere der Frische gerade zu einer Zeit, wo am meisten Wasser konsumiert wird.

Alle neueren Wasserversorgungen sind mit hoch gelegenen Reservoiren für das Reinwasser versehen. Bei Quellwasserversorgung könnte man allerdings das Wasser durch den natürlichen Druck direkt bis in die Häuser leiten. Aber es wird dann oft vorkommen, daß bei starkem Konsum die Lieferung nicht ausreicht, während bei fehlendem Konsum eine solche Anhäufung von Wasser stattfindet, daß ein Teil durch Sicherheitsventile unbenutzt abfließen muß. — Besser ist es daher, in allen Fällen Reservoire einzuschalten, in welchem das Verbrauchsquantum für mehrere Stunden Platz findet, von dem aus allen Ansprüchen genügt werden kann, und das namentlich auch für Feuerlöschzwecke jederzeit die größten Wasserquantitäten zur Verfügung stellt.

Zu den Hochreservoiren gelangt das Quellwasser mit natürlichem Gefälle (Gravitationsleitung), Grundwasser und filtriertes Flußwasser werden künstlich gehoben. Die Hochreservoire werden auf einer nah gelegenen Anhöhe angelegt und dann dicht gemauert, oben gewöhnlich mit Erdschicht bedeckt, die im Sommer mit Wasser berieselt wird; oder eigens für diesen Zweck erbaute Türme tragen die Reservoire. Von da aus verzweigen sich dann die Kanäle in die Stadt. Das Reservoir liegt so hoch, daß das Wasser mit natürlichem Gefälle bis in die obersten Etagen der Häuser steigt. — Es ist wichtig, daß in den Rohrleitungen stets ein positiver Überdruck vorhanden ist. Wenn die Menge des nachströmenden Wassers zu gering ist, kann es vorkommen, daß an einem Endstrang viel Wasser abgelassen wird und daß infolgedessen in benachbarten Rohren beim Öffnen der Hähne kein Auslaufen sondern Einsaugen von Luft bzw. von Flüssigkeiten, mit denen der Hahn in Berührung ist, stattfindet. In solcher Weise können aus Wasserklosetts Fäkalteile ins Leitungsnetz gelangen.

Die Leitungen bestehen bis zur Sammelstelle hin in gemauerten oder aus Zement- oder Tonröhren hergestellten Kanälen. Für das unter Druck stehende Wasser dienen Röhren aus Gußeisen, die auf hohen Druck geprüft sind und die zum Schutz gegen Rostbildung in eine Mischung von Teer und Leinöl eingetaucht sind. — In den Häusern sind Gußeisenrohre nicht zu verwenden, weil hier zu viele Biegungen vorkommen. Schmiedeeiserne Röhren verrosten zu stark. Daher wird meist Bleirohr verwendet.

Allerdings bilden die Bleirohre die Gefahr der Bleivergiftungen. Dieselbe liegt namentlich bei einem sehr reinen und salzarmen und bei kohlensäurereichem Wasser vor; ferner wenn die bleiernen Leitungsrohre zeitweise mit Luft gefüllt sind. Es bilden sich alsdann Bleihydrat das nicht sowohl im gelösten, sondern in fein suspendiertem Zustand im Wasser vorhanden ist, und kleine Mengen gelöster Bleiverbindungen. Größere Quantitäten findet man nur in Wasser, welches längere Zeit (über Nacht) im Rohre gestanden hat. Wasser, das reich an organischen Verbindungen, namentlich Kalksalzen, ist, ferner ein solches, welches organische Stoffe oder kleine Mengen von Eisen enthält, pflegt kein Blei oder doch nur unschädliche Spuren davon aufzunehmen.

Versuche, das Bleirohr mit innerem Zinnmantel herzustellen oder dasselbe mit unlöslichen Überzügen zu versehen, sind noch nicht mit völlig befriedigendem Resultat zu Ende geführt. — Zweckmäßig werden in Städten, welche bleierne Hausleitungen haben, von Zeit zu Zeit öffentliche Belehrungen darüber erlassen, daß das erste über Nacht in den Rohren gestandene Wasser unbenützt abfließen müsse. — Auch Hausfilter aus Kohle usw. (s. unten) lassen sich zur Retention des Bleis verwenden.

Die Wasserversorgungen werden gewöhnlich von der Gemeinde ausgeführt. Entweder wird das Wasser frei geliefert und die Kosten werden nach Zahl der bewohnbaren Räume, unter Berücksichtigung des Mietzinses, mit 1·8—3·5 Mark pro Jahr und Raum, oder nach Grundstücken, oder nach Prozenten des Mietzinses der Wohnungen (2—6 Prozent jährlich) berechnet. Oder es sind Wassermesser eingeführt und es werden pro 1 cbm verbrauchtes Wasser 0·1—0·2 Mark bezahlt.

Eine **Reinigung** und **Besserung** verdächtigen Wassers kann am einfachsten erfolgen durch Kochen des Wassers. Hält man das Wasser 5 Minuten im Sieden, so bietet dasselbe keine Infektionsgefahr mehr. Bei stärkerem Konsum empfehlen sich besondere Wasser-Kochapparate (z. B. von Siemens & Co., Berlin). Allerdings ist der Geschmack des gekochten und wieder abgekühlten Wassers fade und ist daher ein Korrigens zuzusetzen in Form von Kaffee, Tee, Fruchtsaft, Zitronensaft usw. — Zur chemischen Desinfektion des Wassers ist von Schumburg der Zusatz von Brom und nachträgliche Neutralisierung durch Natriumsulfit und Natr. bicarb. siccum empfohlen. Gegenüber größeren Mengen trüben Wassers wird indes die sichere Wirkung des Broms, und ebenso des Chlors (in Form von Chlorkalk- und Natriumsulfit) bestritten.

Ferner kann eine Filtration im Hause in Frage kommen.

Für diesen Zweck sind zahlreichste Filter konstruiert, die sich indes bis jetzt meist nicht bewährt haben. Filter aus plastischer Kohle oder mit Füllung von Sand, Kohlenpulver, Filz, Wolle oder dgl. halten wohl gröbere Trübungen (Eisenhydrat), aber nicht Bakterien zurück. Bei längerer Benutzung bilden sich in solchen Filtern ausgedehnte Wucherungen von Bakterien, die geradezu zur Verunreinigung des durchfiltrierten Wassers führen. — Ein sicher bakterienfreies Filtrat liefern wenigstens zeitweise die PASTEUR-CHAMBERLAND'schen Tonfilter und die BERCKEFELDT'schen Kieselgurfilter.

Erstere bestehen aus einer Kerze von Porzellanton (*c*), die innen einen Hohlraum (*d*) enthält und an einem Ende in eine Manschette aus glasiertem Porzellan (*f*) übergeht. Die filtrierende Flüssigkeit dringt von außen (aus dem Raum *e*) in das Innere der Kerze und fließt aus dem Ausflußrohr (*i*) der Manschette ab. Um das Filter mit der Wasserleitung in Verbindung zu setzen, wird die Kerze in eine weitere Metallhülse (*b*) eingesetzt, deren unterer Abschnitt außen ein Gewinde trägt. Zwischen den unteren Rand der Hülse und die Porzellanmanschette wird ein Kautschukring (*h*) eingeschaltet und nun eine Metallkapsel (*g*) auf das Gewinde aufgeschraubt, so daß die Manschette fest gegen den Kautschukring resp. die Hülse angepreßt und der Zwischenraum (*e*) zwischen Hülse und Kerze nach unten dicht abgeschlossen wird. Am oberen Ende der Hülse ist ein Verbindungsrohr zum Hahn der Wasserleitung eingeschraubt, durch welches das Wasser von *a* her einfließt.

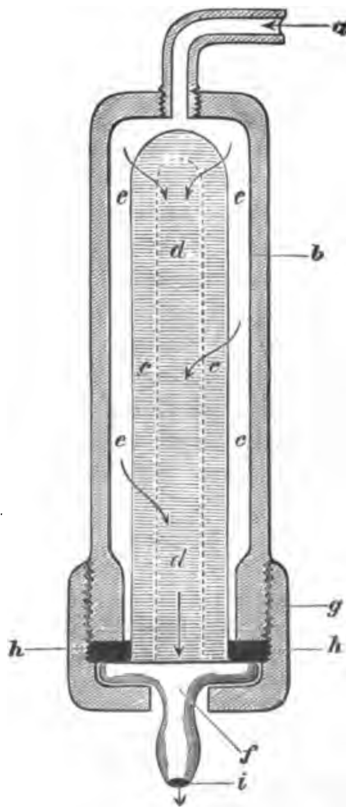


Fig. 20. Ton- oder Kieselgurfilter.

Bei einem Druck von zirka drei Atmosphären liefert eine Kerze Anfangs 1 Liter Wasser innerhalb 20—30 Minuten; schon nach 1—2 Stunden nimmt die Ergiebigkeit erheblich ab. Um die quantitative Leistung zu erhöhen, sind Kombinationen von vier und mehr Kerzen konstruiert. — In den ersten Tagen ist das Filtrat zuverlässig keimfrei. Aber schon nach 3—8 Tagen, wechselnd insbesondere je nach der Temperatur, wachsen einige Bakterienarten durch das Filter hindurch, gelangen auf dessen innere Fläche und teilen sich von da ab in steigender Menge dem Wasser mit. Außerdem wird der quantitative Ertrag um so geringer, je dicker die Schicht der abfiltrierten suspendierten Stoffe auf der Außenfläche der Kerze wird; nach einigen Tagen filtrieren stündlich nur

noch wenige Kubikzentimeter. Man muß daher die Filter häufig, wenigstens alle acht Tage, aus der Metallhülse herausnehmen, an ihrer äußeren Fläche mit Bürsten reinigen, und dieselben dann längere Zeit kochen, um die Bakterien im Innern des Filters abzutöten.

Ein in der äußeren Form dem Chamberlandfilter ähnliches Filter ist von Berkefeldt & Nordmeyer aus Kieselguhr hergestellt. Dasselbe liefert größere Mengen eines zuverlässig bakterienfreien Filtrats (1 Liter in 5—10 Minuten); außerdem kann durch eine im Innern der Metallhülse angebrachte automatisch funktionierende Wischvorrichtung die äußere Filterfläche immer wieder gereinigt und dadurch die quantitative Leistung konstant auf nahezu der gleichen Höhe gehalten werden. Auch diese Filterkerzen sind übrigens alle acht Tage von neuem durch einstündiges Kochen der Kerze in Wasser zu sterilisieren. Die Kerzen sind sehr zerbrechlich; um sicher zu sein, daß nicht feine Risse entstanden sind, ist eine häufige bakteriologische Prüfung des Filtrats unerläßlich.

Drittens kann eine Desinfektion der Anlage vorgenommen werden. Am leichtesten sind Röhrenbrunnen zu desinfizieren (s. oben). — Schachtbrunnen sind am sichersten zu desinfizieren, wenn man heißen Wasserdampf mittels einer Lokomobile in das Wasser des Schachts einleitet, bis dasselbe 80—90° warm geworden ist. Von chemischen Mitteln ist Kupferchlorür, Ätzkalk, Schwefelsäure (1:1000) empfohlen. — Reservoire und Leitungsrohre größerer Wasserleitungen sind mehrfach mit Erfolg durch Schwefelsäure (1:1000, 2stündige Einwirkung) desinfiziert, ohne daß das Eisen oder Blei der Rohre angegriffen wäre.

Eis. Künstliches Selterwasser.

Früher hat man wohl geglaubt, daß lebende Organismen im Eis nicht vorhanden sein könnten. In der Tat haben direkte Versuche ergeben, daß viele Bakterien bei 0° zugrunde gehen, namentlich von einer großen Zahl von Individuen der gleichen Art vermutlich alle älteren, nicht mehr so widerstandsfähigen Exemplare. Weiter aber ist ein sehr verschiedenes Verhalten der einzelnen Arten beobachtet; manche scheinen sehr wenig widerstandsfähig zu sein, andere besser, einige leisten sogar bei 0° noch eine gewisse Vermehrung. — Da das Eis gewöhnlich aus sehr unreinem Wasser, Flüssen, Teichen usw. entnommen wird, findet man entsprechend dieser relativ großen Widerstandsfähigkeit der Bakterien in 1 ccm Schmelzwasser im Durchschnitt 2000, als Minimum 50, als Maximum etwa 25000 lebende Keime. — Diese Befunde sind offenbar durchaus nicht ohne Bedenken. Im Sommer wird viel Eis roh genossen; ferner wird es nicht selten auf Wunden appliziert. Ersteres sollte nie, letzteres nur über undurchlässigen Unterlagen geschehen. — Ohne Bedenken ist dagegen innerlich und äußerlich das Kunsteis zu verwenden, das durch Verdunstung von komprimiertem Ammoniak aus destilliertem Wasser bereitet wird. Dies Eis enthält im Mittel 0—10 Keime pro 1 ccm. Das destillierte Wasser führt zwar auch oft Massen von sog. Wasserbakterien, aber diese scheinen eben zu den leicht durch Gefrieren zu schädigenden Arten zu gehören.

Die künstlichen kohlensauren Wässer sind im Durchschnitt sehr reich an Bakterien; selbst 7 Monate langes Lagern ändert daran nichts. Auch

bei solchem Selterwasser, das aus destilliertem Wasser bereitet wurde, ist der Bakteriengehalt ein sehr hoher. Dagegen ist die Mannigfaltigkeit der Arten in mit Brunnenwasser bereitetem Selterwasser weit größer; und hier ist jedenfalls die Gefahr einer Infektion ungleich bedeutender. Im destillierten Wasser ist nur auf indifferente saprophytische Bakterien zu rechnen, während ein Brunnenwasser ebensowohl in Form des Selterwassers, wie im natürlichen Zustand zu Infektionen Anlaß geben kann.

Absichtlicher Zusatz pathogener Keime zu künstlichem Selterwasser hat ergeben, daß zwar einige Arten (Cholera-, Milzbrandbazillen) rasch absterben, daß aber z. B. Typhusbazillen, Microc. tetragenus usw. einige Tage bis Wochen lebensfähig bleiben. Mit Rücksicht auf diese Resultate ist unbedingt nur das aus destilliertem Wasser oder aus völlig unverdächtigem Brunnen- (Leitungs-) wasser bereitete Selterwasser zu empfehlen.

Literatur: Loeffler, Oesten und Sendtner, Die Wasserversorgung in Weyls Handb. d. Hygiene, 1896. — Tiemann und Gärtner, Die chem. u. mikrosk. bakteriol. Untersuchung des Wassers, 1896. — Plagge u. Proskauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2. — Fränkel, ibid. Bd. 6. — Koch, Wasserfiltration u. Cholera, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 14. — Ohlmüller, Die Untersuchung des Wassers, Berlin 1894. — Brix, „Wasserversorgung" in Behrings „Bekämpfung der Infektionskrankheiten", hygienischer Teil, 1894. — Kruse, Kritische u. experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 17. — Piefke, Über die Betriebsführung von Sandfiltern, ibid. Bd. 16. — Flügge, Verh. d. Ver. f. öffentl. Ges. in Stuttgart, 1895. — Zeitschr. f. Hyg., Bd. 22. — Gärtner, Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und zum Typhus, Klinisches Jahrbuch, Bd. 9.

Fünftes Kapitel.

Ernährung und Nahrungsmittel.

A. Die Deckung des Nährstoffbedarfs des Menschen.

I. Die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe.

Der Zweck der Ernährung ist eine solche Erhaltung (unter Umständen, z. B. beim wachsenden Körper, eine solche Zunahme) des substantiellen Bestandes der gesamten Organe, daß deren Funktionen in normaler Weise vor sich gehen können. Dieser Zweck ist ohne Zufuhr von Nahrung offenbar nicht zu erreichen, da der Körper einerseits stetig Stoffe zerstört, die seinem Zellbestande angehörten, andererseits für seine Kraft- und Wärmeentwicklung fortwährend Stoffe verbraucht. Der Verbrauch zum Zwecke des Kraftwechsels übertrifft

den zum Stoffersatz nötigen Verbrauch bei weitem. Da es für den Kraftwechsel nicht spezifischer Stoffe, sondern nur der in den Stoffen aufgespeicherten chemischen Spannkräfte bedarf, so ist es selbstverständlich, daß die einzelnen Nährstoffe in ihrer Fähigkeit das Leben zu unterhalten, sich wesentlich nur nach dem Maße ihrer chemischen Spannkraft bezw. ihrer Verbrennungswärme im Körper vertreten. Diese Verbrennungswärme beträgt unter den im Organismus vorliegenden Verhältnissen (die für das Eiweiß nur eine unvollständige Verbrennung ermöglichen) im Durchschnitt

für 1 g Eiweiß . .	4,1	Kalorien
„ 1 g Fett . . .	9,3	„
„ 1 g Kohlehydrat	4,1	„

100 g Fett sind also ungefähr gleichwertig 227 g trockenem Eiweiß oder Kohlehydrat, bezw. gleich 1000 g frischer Muskelsubstanz (Rubner).

Der Umfang des Kraftwechsels läßt sich bemessen nach der Menge von Kalorien, welche bei der Verbrennung organischer Stoffe im Körper gebildet werden. Diese Menge ist im wesentlichen abhängig von der Körperoberfläche; der hungernde ruhende Mensch liefert pro Quadratmeter Oberfläche etwa 800 Kalorien, bei 65 Kilo Gewicht (= 2 qm Oberfläche) 1600 Kalorien. Von erheblicherem Einfluß ist allerdings noch das Lebensalter; beim Kinde steigt die Kalorienproduktion bis auf 1200 Kal. pro Quadratmeter Oberfläche, beim Greise sinkt sie auf 640 Kal. Außerdem erhöhen Muskelarbeit, Nahrungsaufnahme und Steigerung der Eigenwärme den Umsatz. Beim Stehen werden schon 20—25 % Kal. mehr geliefert als im Liegen; bei steter Bewegung und mechanischer Arbeit 50 bis 100 % Kal. mehr. — Die aufgenommenen Nährstoffe wirken verschieden stark auf die Steigerung des Energieumsatzes (spezifisch-dynamische Wirkung der Nährstoffe nach Rubner); bei höherer Außentemperatur, also im Gebiet der physikalischen Wärmeregulierung, wirken Kohlehydrate nur um 6 % wärmevermehrend, Fett um 12 %, Eiweiß dagegen um 30 %. — Bei Erhöhung der Eigentemperatur um 1° läßt sich eine Stoffwechselsteigerung um 10 % feststellen.

Schließlich ist auch der kleine Teil von Nahrungsstoffen, welcher dem Stoffwechsel, dem Ersatz bezw. Ansatz von Körperstoffen, dient, von großer Bedeutung. In dieser Beziehung können die einzelnen Nährstoffe sich nicht beliebig vertreten, sondern jeder Stoff hat seine spezifische Bedeutung, die ihn zum notwendigen Bestandteil der Nahrung macht.

In jeder zureichenden Kost finden wir Eiweißstoffe, Fette, Kohlehydrate, Wasser und Salze, und außerdem noch eine Gruppe von Substanzen, welche als „Genußmittel" zusammengefaßt werden. Über die Bedeutung dieser einzelnen Stoffe für die Ernährung ist folgendes hervorzuheben:

1. Die Eiweißstoffe.

Die Größe des Eiweißzerfalls im Körper ist abhängig:

1. von der Masse der Organe und Säfte; je größer dieselbe ist, umsomehr wird cet. par. (also abgesehen von den oben besprochenen Einflüssen der Oberfläche usw.) zerlegt.

2. von der Energie der Zellen. Wie schon die Zellen der verschiedenen Organe nicht gleichwertig sind, so liegen vermutlich auch individuelle Differenzen vor. Bei demselben Individuum können Nervenreize der verschiedensten Art, psychische Affekte usw. die Zelltätigkeit verschieben.

3. von der Menge des in der Nahrung zugeführten Eiweißmaterials. Die Menge des in der Nahrung gegebenen und in die Säfte aufgenommenen Eiweißes ist auf den Eiweißumsatz im Körper von bestimmendem Einfluß. — Am ausgesprochensten tritt dies an Versuchstieren hervor, welche ausschließlich mit Eiweiß genährt werden. Befindet sich ein solches Versuchstier z. B. mit täglich 500 g Fleisch im Stickstoffgleichgewicht, d. h. scheidet es im Harn 17 g N (100 g Fleisch = 3·4 g N) aus, und man füttert nunmehr täglich 1500 oder 2500 g Fleisch, so ist nach kurzer Zeit wieder N-Gleichgewicht eingetreten und das Tier scheidet 51 bezw. 85 g N im Harn aus. Es ergibt sich hieraus die wichtige Folgerung, daß es nicht gelingt, in einem an Eiweiß verarmten Körper Eiweiß durch ausschließliche Ernährung mit Eiweiß zur Ablagerung zu bringen.

4. von den sonstigen in den Körpersäften vorhandenen Nährstoffen. Passieren Fett oder Kohlehydrate neben Eiweiß die Zellen, so werden sofort die Zerfallsbedingungen in der Weise verschoben, daß viel weniger Eiweiß zerstört wird. Gibt man in dem vorerwähnten Experiment dem Versuchstier statt 1500 g Fleisch 1000 g Fleisch und 300 g Fett, so wird nun bei weitem nicht der ganze dem Nahrungseiweiß entsprechende N im Harn ausgeschieden, sondern es bleibt ein Teil des Eiweißes unzerstört im Körper zurück, wird abgelagert. Um den Eiweißvorrat des Körpers zu konservieren oder Eiweißansatz zu erzielen, ist es daher am zweckmäßigsten, Fett oder Kohlehydrate zu geben und dadurch die Eiweißzerlegung zu beschränken (Voit).

Das unter dem Einfluß der aufgezählten Faktoren in stärkerem oder geringerem Grade zerstörte Eiweiß muß in voller Menge durch Nahrungseiweiß ersetzt werden; in erster Linie zur Erhaltung des Eiweißbestandes und zur Regeneration der Muskeln, des Hämoglobins usw.; außerdem weil die Zerfallsprodukte des Eiweißstoffwechsels bestimmte Reize für unser Zentralnervensystem liefern, und weil bei Eiweißmangel sehr bald die Verdauungsfermente spärlicher gebildet werden.

Ist einmal der Ersatz für das zerstörte Eiweiß ungenügend, so bietet die oben betonte Abhängigkeit des Eiweißumsatzes von der Menge der zirkulierenden Eiweißstoffe wesentliche Vorteile. Nur am 1. Tage einer Hungerperiode wird noch eine N-Menge ausgeschieden, welche derjenigen der vorausgegangenen Nahrungstage ungefähr gleichkommt. Von da ab aber geht mit der Verringerung des Eiweißvorrats auch eine stete Verringerung des Umsatzes einher, so daß die Eiweißverarmung nur langsam erfolgt. Erst dann, wenn durch andere die Zerlegung beeinflussende Momente — z. B. psychische Erregung, Fieber usw. — der Umsatz künstlich hochgehalten wird, kommt es zu rascherem und stärkerem Eiweißverlust.

Andererseits gelingt es aber auch nicht leicht, einem an Eiweiß verarmten Körper wieder einen besseren Eiweißbestand zu verschaffen. Mit einer vermehrten Eiweißzufuhr hält die Zerlegung immer wieder gleichen Schritt, und erst eine richtige Kombination von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten vermag eine Besserung des Körperzustandes herbeizuführen (s. S. 174).

Das im Körper zerstörte Eiweiß kann nur auf einem Wege ersetzt werden: durch Zufuhr von Eiweiß in der Nahrung. Eine Bildung von Eiweiß aus anderem Nährmaterial, wie sie die Pflanzen in großem Umfange bewirken, vermag der Körper nicht zu leisten.

Außer den echten Eiweißkörpern kommen in der Nahrung noch andere N-haltige Stoffe vor, welche nicht vollwertige Eiweißkörper darstellen, und auch für die Ernährung nicht die gleiche Bedeutung haben wie diese. Es sind dies die leimgebenden Substanzen, Glutin und Chondrin, ferner Albumosen, Pepton, Nukleïn, Lecithin, Kreatin, Asparagin und andere Amidoverbindungen.

Nur die Albumosen scheinen das Eiweiß voll ersetzen zu können. — Der Leim wurde früher für besonders nahrhaft und dem Eiweiß sogar an Nährstoffwert überlegen betrachtet. Durch Voits Versuche ist indes ermittelt, daß allerdings ein großer Teil der im Körper zerstörten Eiweißmenge durch Leim ersetzt werden kann; der in der Nahrung genossene Leim übt eine Eiweiß sparende Wirkung aus, der Art, daß 100 g Leim zirka 36 g Eiweiß vor dem Zerfall schützen. Den gesamten Eiweißumsatz vermag man aber mit Leim nicht zu decken. — Auch die Peptone haben nach Voits Versuchen eine ähnliche Bedeutung wie der Leim. In der vollen, zusammengesetzten Nahrung können wir freilich Leim und Pepton als dem Eiweiß gleich-

wertig betrachten, weil dann immer so viel Eiweiß, als neben Leim und Pepton eingeführt werden muß, in der Nahrung enthalten zu sein pflegt.

Die Nukleïne, die z. B. in den Zellkernen enthalten sind, können nicht als Nährstoffe angesehen werden, da sie nicht unverändert resorbiert werden. Die Lecithine, im Eidotter, Gehirn in größerer Menge enthalten und sehr verbreitet, werden vom Pankreassaft in Neurin, Glyzerinphosphorsäure und Stearinsäure zerlegt, und haben höchstens eine den Fetten ähnliche nährende Wirkung. Die Amidoverbindungen äußern beim Menschen keine sparende Wirkung auf den Eiweißumsatz; nur für Pflanzenfresser wird eine dem Leim analoge Rolle des Asparagins behauptet.

2. Die Fette.

Das Fett wird im Gegensatz zu den Eiweißstoffen im Körper sehr schwer zerlegt, für gewöhnlich nur in einer Menge von 50—100 g. Wird mehr Fett aufgenommen, so wird der Rest in den Depots abgelagert; es hat also die Vermehrung des Fettes keinen den Umsatz steigernden Einfluß. Dagegen werden bei Muskelarbeit außerordentlich viel größere Fettmengen zerstört als bei Ruhe. Die Steigerung der Fettzerlegung kann das 3—4fache betragen, und je größer die Arbeitsleistung, umsomehr Fett wird zerstört. Die Leistungen des Fettes bei seiner Zerlegung bestehen: 1. darin, daß es bedeutende Mengen von Wärme erzeugt; 2. wird der Eiweißzerfall wesentlich verringert, wenn Fett neben Eiweiß im Säftestrom zirkuliert. Wird allerdings bei wenig Eiweiß reichlich Fett in der Nahrung gegeben, so tritt die ersparende Wirkung nicht deutlich hervor. — Von großer Bedeutung ist die sparende Wirkung des Fettes in den Fällen, wo die Nahrungszufuhr wegen Krankheit usw. stark absinkt oder aufhört. Es werden dann stets die Fettdepots des Körpers in beträchtlichem Grade angegriffen, und die Zerstörung der Eiweißstoffe wird bedeutend herabgesetzt. Die Verbrennungswärme des in einem Gesunden abgelagerten Fettes beträgt 3mal so viel, als die Verbrennungswärme des gesamten Zelleiweißes und des leimgebenden Gewebes zusammengenommen (Rubner).

Das im Körper zerstörte Fett ist durch Fett der Nahrung zu ersetzen. Es eignen sich dazu die Fette sowohl der tierischen, wie auch der pflanzlichen Nahrungsmittel. Dabei ist nur zu beachten, daß lediglich solche Fette einer Resorption und einer Zerlegung im Körper fähig sind, welche unter 40° flüssig sind; Stearin z. B. ist vollkommen unverdaulich.

Es besteht indes auch die Möglichkeit, das Fett aus Kohlehydraten im Körper zu bilden, wenn letztere in überreichlicher Menge gegeben werden. Indes stößt die dauernde Resorption solcher Kohlehydratmengen auf erhebliche Schwierigkeiten.

Sehr gut geeignet zur Vertretung des Fettes sind die Fettsäuren, die einen so großen Prozentsatz im Fettmolekül ausmachen, daß sie ungefähr die gleiche ersparende Wirkung ausüben, wie die Fette selbst. Das Glyzerin dagegen hat keinerlei Einfluß, weder auf den Eiweiß-, noch auf den Fettumsatz.

3. Die Kohlehydrate.

Mit Eiweiß und Fett sollte der Mensch eigentlich seinen Nahrungsbedarf vollständig decken können; indessen gelingt dies schwer, weil die Grenzen für die Resorption der Fette beim Menschen relativ eng gezogen sind. Wir sehen daher, daß in der Nahrung noch ein anderer stickstofffreier Bestandteil in außerordentlich großen Mengen genossen wird, nämlich die Kohlehydrate (Glykosen von der Formel $C_6H_{12}O_6$ bezw. Anhydride derselben). Merkwürdigerweise finden wir aber im Körper stetig nur Spuren von Kohlehydraten, kleine Mengen von Glykogen, die gegenüber den 4—500 g genossener Kohlehydrate völlig verschwinden. Es erklärt sich dies dadurch, daß die Kohlehydrate unter allen Umständen, bei Ruhe und Arbeit, rasch und vollständig im Körper zerfallen und zu den Endprodukten Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Sie werden also nie zu bleibender Körpersubstanz umgewandelt, ausgenommen wenn bei sehr großen Gaben ein Teil zur Fettbildung verwandt wird.

Bei ihrer völligen und schnellen Verbrennung liefern die Kohlehydrate 1. erhebliche Mengen Wärme; 2. äußern sie eine den Eiweißumsatz herabsetzende Wirkung, und zwar unter allen Umständen, einerlei ob viel oder wenig Eiweiß in den Säften zirkuliert, also vollkommener als die Fette; 3. bewirken die Kohlehydrate eine geringere Zerstörung des Fettes, und führen häufig eine Ablagerung von Fett im Körper herbei; 4. können die Kohlehydrate selbst eine Umwandlung in Körperfett erfahren.

Die Deckung des Kohlehydratbedarfs geschieht durch die Kohlehydrate der Nahrung, durch Rohr- und Michzucker, hauptsächlich aber durch Stärke, die allmählich und langsam im Darm in resorbierbaren Zucker übergeht und also gleichsam ein nachhaltiges Reservoir darstellt, aus welchem der Körper für lange Zeit fortgesetzt kleinere Mengen von Kohlehydraten in den Säftestrom überführt.

4. Das Wasser.

Das Wasser bildet einen wesentlichen Bestandteil der Organe und Säfte; es ist als Lösungsmittel und zum Transport der löslichen Substanzen von großer Bedeutung; es beteiligt sich an der Wärmeregulierung des Körpers.

Daher ist fast stets voller Ersatz der ausgeschiedenen Wassermenge erforderlich, und dieser erfolgt vorzugsweise durch Zufuhr von Wasser, kann aber auch durch Zufuhr verbrennbaren Wasserstoffs (Kohlehydrate usw.) geschehen. Manche Tiere (Pflanzenfresser) kommen nur mit der letzteren Art von Zufuhr und ohne Wassergenuß längere Zeit aus. Für den Menschen ist indes präformiertes Wasser in einer Menge von 1—2 Liter und mehr erforderlich.

Eine abnorme Verminderung der Wasserzufuhr kommt bei frei gestellter Nahrungsaufnahme kaum vor; dagegen kann sehr leicht ein Übermaß von Wasser eingeführt werden.

Vorübergehende Erhöhung der Wasserzufuhr bewirkt zunächst eine vermehrte Stickstoffausscheidung, die indes wesentlich auf Ausspülung angesammelter Exkrete beruht. Anhaltende abnorm starke Wasserzufuhr hat insofern gewisse Nachteile im Gefolge, als leicht eine starke Verdünnung der Verdauungssäfte, nach Angabe einiger Beobachter außerdem eine Überbürdung des Pfortaderkreislaufs entsteht, welche auf die allgemeinen Verhältnisse des Blutdrucks zurückwirkt. Ferner wird dabei den zirkulatorischen Apparaten übermäßige Arbeit zugemutet, und die Zellfunktionen scheinen weniger energisch vor sich zu gehen. Allerdings verfügt der Körper über gute regulatorische Vorrichtungen, und der völlig gesunde Körper kann daher auch den Genuß großer Flüssigkeitsmengen lange Zeit ohne Schaden ertragen. Aber wenn geringe Abnormitäten, Herzschwäche, Verdauungsstörungen, Anämie usw. bereits vorliegen, sollte unnötige Wasserzufuhr vermieden werden.

5. Die Salze.

Werden die ausgeschiedenen Salze des Körpers nicht ausreichend ersetzt, so gibt derselbe zunächst eine zeitlang aus seinem Bestande her; bei andauernd salzarmer Nahrung treten eigentümliche nervöse Erscheinungen und schließlich der Tod ein. Derartige Folgen beobachtet man aber nur bei Ernährung mit künstlich salzfrei gemachter Nahrung; in der üblichen gemischten Kost sind die nötigen Salzmengen gewöhnlich vollauf enthalten, während eine einseitige Ernährung z. B. mit animalischer Kost und Mehlpräparaten Defekte in der Blutbildung zur Folge zu haben scheint. Vermutlich sind die grünen Gemüse als Lieferanten der dem Körper nötigen Salze von besonderer Bedeutung.

Beim Hund kommt es durch ausschließliche Fleischnahrung zu einem Kalkdefizit und damit zu rachitischen Erscheinungen. — Bei ausschließlicher Pflanzennahrung entsteht ferner ein Kochsalzdefizit, indem die Kalisalze der Vegetabilien sich mit dem Kochsalz des Körpers umsetzen; es werden Natrium-

phosphat und Kaliumchlorid gebildet, und es kommt so eine fortgesetzte Verarmung an ClNa zustande. — Ein Mangel an Kalisalzen infolge ausschließlich animalischer Kost soll Skorbut hervorrufen; doch ist dies unwahrscheinlich, da auch bei vorwiegender Pflanzenkost (Gefangene) oft Skorbut beobachtet wird. Auch der Annahme, daß Skorbut auf Ptomaïnvergiftung beruhe, steht manche Beobachtung entgegen. Sicher ist nur, daß genügende Ernährung mit unverdorbenen, frischen Nahrungsmitteln den Skorbut verhütet und daß reichlicher Genuß frischer Gemüse die Krankheit rasch zu heilen pflegt.

Sehr empfindlich scheint endlich der Körper gegen eine zu geringe Zufuhr von Eisen zu sein. Man nimmt an, daß das Eisen aus der Nahrung in organischen, den Nukleïnen ähnlichen Verbindungen resorbiert wird, von denen im ganzen nur sehr kleine Mengen für den Körper erforderlich sind. Auch das Eisen ist vorzugsweise in den grünen Gemüsen (Spinat, Bohnen usw.) enthalten.

6. Die Genuß- und Reizmittel.

Eine aus reinem Eiweiß, Fett, Kohlehydraten, Wasser und Salzen zusammengesetzte Nahrung würde immer in einem wesentlichen Punkte noch einer Ergänzung bedürfen: sie würde nur mit Widerstreben genossen werden, solange nicht eine Gruppe von Stoffen vertreten ist, die wir regelmäßig in der Nahrung aller Völker beobachten, nämlich die sogenannten „Genußmittel". Teils versteht man unter dieser Bezeichnung die in der Nahrung enthaltenen oder ihr zugesetzten schmeckenden Stoffe (die schmeckenden Stoffe des gebratenen Fleisches; das Aroma der Früchte; organische Säuren, wie Weinsäure, Zitronensäure; auch den Zucker; ferner die sog. Würzmittel, wie Salz, Pfeffer, Senf usw.); teils Substanzen, welche weniger wegen ihres Geschmacks, als vielmehr wegen ihrer anregenden Wirkung auf das Nervensystem genossen werden, also mehr als Reizmittel fungieren (Tee, Kaffee, Alkohol, Tabak).

Früher hat man manchen dieser Substanzen einen nährenden oder die Zersetzung von Nährstoffen ersparenden Effekt zugeschrieben. Diese Ansicht ist jedoch als unrichtig erwiesen; kleinere Dosen haben (abgesehen von Zucker) keinerlei stoffliche Wirkung; größere Gaben von Tee, Kaffee usw. führen eher zu einer Steigerung des Eiweißumsatzes, während allerdings für den Alkohol eine geringe Eiweiß sparende Wirkung nachgewiesen ist.

Sodann hat man sich wohl vorgestellt, daß wenigstens die Ausnutzung der Nahrung im Darm wesentlich durch den Zusatz der Genuß- und Reizmittel beeinflußt werde. Auch das hat sich nicht bestätigt. Von Tieren und Menschen wird eine geschmacklose oder gar widerliche, mit Ekel genossene Nahrung trotzdem gut ausnutzt.

Die Bedeutung der Genußmittel liegt vielmehr darin, daß sie zunächst zur Aufnahme von Nahrung anregen. Selbst Versuchstiere

weisen eine künstlich geschmacklos gemachte Kost hartnäckig zurück, auch wenn ihnen keine andere Nahrung geboten wird. Der Mensch ist insofern weit empfindlicher, als gewisse Äußerlichkeiten, ein fremdes Aussehen, ein ungewohnter Geruch, ein unappetitliches Arrangement bereits die Aufnahme der Nahrung hindern; ferner stumpft er sich gegen die gleichen Geschmacksreize außerordentlich leicht ab und verlangt eine häufige Abwechslung derselben. In den Gefängnissen ist nichts mehr gefürchtet als das ewige Einerlei der breiigen Konsistenz der Kost und des Hülsenfruchtaromas; und sehr häufig beobachtet man dort den Zustand der „Abgegessenheit", in welchem die gleiche Nahrung hartnäckig verweigert wird, die vor Wochen oder Monaten gern genossen wurde. Dieser zwingende Einfluß der Geschmacksreize auf die Nahrungsaufnahme ist in früherer Zeit viel zu wenig gewürdigt worden.

Zweitens äußern viele unter den Genuß- und Reizmitteln eine günstige Wirkung auf die Verdauungsorgane, regen (wie z. B. kleine Dosen Alkohol, Nikotin u. a. m.) Magen- und Darmbewegung an oder befördern (wie Zusatz von Kochsalz, Pfeffer, Senf) die Sekretion der Verdauungssäfte. Dazu äußern noch manche dieser Substanzen eine hemmende und regulierende Wirkung auf das Bakterienleben im Darm; besonders die ätherischen Öle, Senföl, in geringerem Grade auch Alkohol, Kaffee usw. sind geradezu Desinfizientien und können daher sehr wohl die Zersetzungen im Speisebrei und den Resorptionsmodus beeinflussen. — Ist also auch die schließliche Ausnutzung einer Kost mit und ohne Reizmittel ziemlich die gleiche, so treten doch im letzten Falle leicht allerlei Störungen der Verdauung auf, welche in der Folge die Nahrungsaufnahme herabsetzen; und es ist eben Aufgabe der genannten, je nach Bedarf abzustufenden Reizmittel, die Verdauung so zu leiten, daß sie ohne alle Belästigung abläuft und die weitere Nahrungszufuhr nicht beeinträchtigt.

Drittens sind dann die eigentlichen Reizmittel noch dadurch wichtig, daß sie die Empfindung ungenügender Ernährung und Leistungsfähigkeit verdecken. Ihre die Nerven anregende, den Blutdruck und die Energie steigernde Wirkung steht mit psychischen Eindrücken, begeisternden Ideen usw. auf einer Stufe. In unserer Zeit regen Schaffens und Strebens sind derartige Reizmittel, welche ohne Schlaf oder störende Nahrungsaufnahme die Leistungsfähigkeit des ermüdeten Körpers wieder herstellen, von großer Bedeutung. Zweckmäßig werden dabei nur solche Mittel verwendet, welche von störenden Neben- und Nachwirkungen möglichst frei sind, und eine feine, dem jeweiligen Bedarf angepaßte Abstufung gestatten.

Haben somit die Genuß- und Reizmittel unleugbar eine große

und vielseitige Bedeutung für die Ernährung und Leistungfähigkeit, so ist doch andererseits ein Maßhalten in ihrem Gebrauch aufs dringendste indiziert. Vor allem ist beim Gebrauch der Reizmittel darauf zu achten, daß nicht etwa Gewöhnung an kleine Dosen eintritt, welche zur Anwendung stetig größerer verleitet; ferner daß, wenn der Körper durch Reizmittel über das Nahrungsbedürfnis weggetäuscht wurde, die Nahrungszufuhr in vollem Maße nachgeholt wird. Andernfalls ist eine schnelle und schwer reparable Verschlechterung des Ernährungszustandes unausbleiblich.

Zu schweren Folgen führt insbesondere der Alkoholmißbrauch. Derselbe ruft Erkrankungen des Herzens, der Leber, der Nieren und des Zentralnervensystems hervor, so daß Alkoholiker eine erheblich größere Mortalität zeigen als solche Menschen, die nur wenig Alkohol genießen oder sich des Alkoholgenusses völlig enthalten (Temperenzler, Abstinenzler). Außerdem hebt der Alkoholgenuß bei vielen Menschen die sittliche Selbstbeschränkung auf; leichtsinnige Handlungen, sowie Roheiten, Vergehen und Verbrechen sind sehr oft auf Alkoholrausch zurückzuführen.

Eine Bekämpfung des Alkoholmißbrauchs muß erfolgen teils durch repressives Eingreifen (Kontrolle der Schankstätten, Beschränkungen für die Gewohnheitstrinker, Trinkerasyle usw.), teils durch präventive Maßregeln. Bei der Auswahl der letzteren darf man nicht vergessen, daß in den unteren Volksschichten infolge fortgesetzter Unterernährung ein mächtiger Trieb nach Reizmitteln vorhanden ist, und daß der Bevölkerung andere weniger schädliche Reizmittel, Kaffee, Tee usw., eventuell sogar unter Beigabe kleiner Alkoholmengen, in bequemster Weise und für billigsten Preis dargeboten werden müssen, wenn der Kampf gegen Alkoholmißbrauch erfolgreich sein soll. Zahlreichste kleine, aus öffentlichen oder privaten Mitteln unterstützte Kaffee- und Teehäuser sind am besten imstande, dem Schankstättenunwesen Abbruch zu tun. In Verfolgung ferner liegender Ziele ist die Besserung der Ernährung und der Wohnung der arbeitenden Bevölkerung, sowie deren gesamte soziale Hebung anzustreben, aus der sich ohne weiteres eine Einschränkung des Alkoholmißbrauchs ergeben wird.

II. Quantitative Verhältnisse des Nährstoffbedarfs.

Zur Ermittlung der erforderlichen Nährstoffmengen dienen folgende Wege:

1) Untersuchungen im Respirationsapparat und Stickstoffbestimmungen im 24stündigen Harn bei einzelnen gesunden Menschen. Da aber richtige Mittelwerte nur dann erhalten werden, wenn große Beobachtungsreihen zugrunde liegen, so geben die folgenden Methoden bessere Aufschlüsse.

2) Ausgehend von der Erwägung, daß das Menschengeschlecht durch Instinkt und uralte Tradition im großen ganzen eine richtige Zusammensetzung der Nahrung gefunden hat, können wir aus der Kost frei lebender gesunder Individuen die notwendige Menge und das richtige Mischungsverhältnis der Nahrung entnehmen. Man erhält um so brauchbarere Zahlen, je zahlreichere Untersuchungen ausgeführt werden. Das Verfahren besteht darin, daß stets eine der genossenen gleiche Portion der Nahrung ins Laboratorium geschafft und dort einer genauen Analyse unterworfen wird. Womöglich ist die Stickstoffbestimmung im 24stündigen Harn zuzufügen, damit man sich von dem Gleichgewichtszustand des Körpers der untersuchten Individuen überzeugt. Ferner ist die Menge der erfahrungsgemäß nicht resorbierten Nährstoffe zu berücksichtigen. — Bei zahlreichen Arbeitern, Ärzten usw. sind in dieser Weise Erhebungen angestellt.

3) Mit Hilfe sorgfältig geführter Haushaltungsbücher, wie sie sich in manchen Familien, in öffentlichen Anstalten, beim Militär usw. vorfinden, kann man die gewünschten Bedarfszahlen durch einfache Berechnung finden. Auch die statistisch festgestellte, in einem ganzen Lande verzehrte Menge bestimmter Nahrungsmittel gestattet derartige Berechnungen. Aus den Haushaltungsbüchern ist die pro Monat (Jahr) eingekaufte und verwendete Menge der einzelnen rohen Nahrungsmittel festzustellen. Von diesen sind in Abzug zu bringen die Abfälle, und zwar ist zu rechnen bei:

Rindfleisch	16 %	Abfall	Fische	25%	Abfall
Hammelfleisch	11 %	„	Kartoffeln	40%	„
Kalbfleisch	13,5%	„	Weiß- und Rotkohl	23%	„
Schweinefleisch	10,5%	„	Kohlrüben	33%	„
Fleisch im Mittel	13 %	„	Mohrrüben	30%	„
(je nach den Lieferungsverträgen kommen starke Schwankungen vor; daher womöglich besonders zu kontrollieren.)			Kohlrabi	28%	„

Die übrig bleibenden Nahrungsmittel gelten als verzehrt. Für diese ist nach der Tab. S. 182 die Menge der physiologisch verwertbaren Kalorien; oder nach S. 184 die konsumierte Menge von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten zu berechnen, dabei aber der nicht resorbierbare Anteil von Eiweiß und Kohlehydraten nach der Tab. S. 178 in Abzug zu bringen.

Man erhält so die Summe der verzehrten verdaulichen Mengen an Calorien, Eiweiß, Fett und Kohlehydraten, und mittels Division durch die Kopfzahl die pro Kopf und Monat (bezw. nach Division durch die Zahl der Tage die pro Kopf und Tag) entfallende Ration an Nährstoffen. Um bei Familien, die aus Personen verschiedenen Alters bestehen, eine Durchschnittsberechnung ausführen zu können, rechnet man gewöhnlich nach Engel den Nahrungsverbrauch des Säuglings = 1 Quet. (Quetelet); für jedes Lebensjahr wird $^{1}/_{10}$ Quet. zugefügt; für die Frau wird die Grenze bei 20 Jahren = 3,0 Quet. gesetzt, bei Männern bei 25 Jahren = 3,5 Quet. Diese Berechnung harmoniert annähernd mit neueren auf der festgestellten Kalorienproduktion der verschiedenen Lebensalter aufgebauten Zahlen.

Aus den nach vorstehenden Methoden angestellten Untersuchungen haben sich bestimmte Mittelzahlen für den Bedarf des Körpers ergeben, der verschieden ausfällt, wenn nur der Bestand erhalten, oder wenn

Ansatz von Eiweiß oder Fett, oder aber Verlust von Fett erzielt werden soll.

1. Erhaltung des Körperbestandes (Erhaltungskostmaß).

Die Mittelzahl für den 24stündigen Nährstoffbedarf erwachsener kräftiger Männer bei leichter Arbeit ist, sofern nur der Gesamt-Kraftwechsel in Frage kommt, = **3000** Kalorien (pro Kilo etwa 40—50 Kalor.); und unter Berücksichtigung der Verteilung auf die verschiedenen Nährstoffe:

105 g verdauliches Eiweiß, **56 g** Fett, **500 g** Kohlehydrate (Voit).

Diese Zahlen unterliegen durch den Einfluß verschiedener Momente erheblichen Schwankungen; so durch die Körpergröße, das Geschlecht, soweit dasselbe Körpergröße und Arbeitsleistung beeinflußt, und das Lebensalter (s. oben).

Ferner kommt in Betracht die individuelle Energie und Reizbarkeit; lebhafte, leicht erregte, immer geistig tätige Menschen bedürfen größerer Nahrungsmengen zur Erhaltung ihres Körperbestandes als trägere Temperamente.

Sodann wird bei der Arbeitsleistung erheblich mehr Wärme gebildet unter Steigerung der Zerlegung von Fett und Kohlehydraten. Es sind also dem Arbeitenden mehr Fett und Kohlehydrate in der Nahrung zuzuführen. Einseitige Steigerung der Kohlehydrate belästigt leicht die Verdauungsorgane; daher ist jedenfalls ein Teil des Kohlenstoffs in Form von Nahrungsfett zuzuführen. — Bei andauernder angestrengter Arbeit ist aber nicht minder eine Erhöhung der Eiweißzufuhr notwendig, weil dann die Muskeln großen Umfang haben und sich stark abnutzen, und weil ein starker Eiweißgehalt der Säfte der energischen Leistung förderlich ist.

Von gewissem Einfluß ist auch Witterung und Klima. Je nach der Außentemperatur variiert der Eiweißzerfall relativ wenig; dagegen wird die Wärmebildung durch Kälte gesteigert (s. S. 48). Bei gleichbleibender Kost müßten wir daher eigentlich im Sommer an Gewicht zu-, im Winter abnehmen. Tatsächlich tritt indes in praxi häufig das Gegenteil ein, weil im Sommer der Appetit geringer ist, leichter Verdauungsstörungen auftreten, und weil reichlichere Bewegung im Freien zu starker Schweißsekretion und lebhafterer Fettzerlegung Anlaß gibt, während andererseits im Winter die niederen Temperaturen durch Kleidung und Heizung möglichst ausgeschaltet werden.

Im heißen Klima ist der Kraftwechsel des Arbeitenden der gleiche wie im kalten Klima. Für den Ruhenden besteht bei mäßiger

Ernährung keine wesentliche Änderung im körperlichen Verhalten, dagegen wird der Kraftwechsel in belästigender Weise gesteigert durch Übernährung, besonders durch Eiweißüberschuß.

Im kalten Klima ist energische Wärmeproduktion, ferner die Ablagerung einer gewissen Fettschicht im Körper, welche die Wärmeabgabe einschränkt, von Vorteil; sodann sind gewöhnlich ausgiebige willkürliche und unwillkürliche Bewegungen zu bestreiten. Für alle diese Zwecke ist reichlichste Nahrungszufuhr indiziert.

Eine Sonderstellung nehmen die Frauen zurzeit der Gravidität und namentlich zur Zeit der Laktation ein. Während der Laktation ist in erster Linie reichliche Eiweißzufuhr notwendig, weil bei einer Verminderung derselben die Sekretion der Milch rasch beeinträchtigt wird und Schrumpfen der Milchdrüse eintritt. Erhöhte Fett- und Kohlehydratzufuhr wirkt bei zu wenig Eiweiß in keiner Weise steigernd auf die Milchsekretion.

Für die wichtigsten Schwankungen im Erhaltungskostmaß ergibt sich sonach folgende Übersicht:

	Kalorien	Verd. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate
Kräftiger Mann, ruhend oder bei leichter Arbeit	3000	105 g	50 g	4—500 g
Schwächlicher Mann, ruhend	1800	75 „	40 „	3—400 „
Schwächlicher Mann, arbeitend	2400	75 „	60 „	4—500 „
Alte Frau, ruhend	1600	60 „	30 „	250 „
Kräftiger Mann, arbeitend	3500	122 „	75—100 g	4—500 „
Kräftiger Mann, stark arbeitend	4500	133 „	100—150 „	5—600 „
Frau zur Zeit der Laktation	3300	130 „	100 g	450 „

Für Kranke und Rekonvaleszenten in Bettruhe sind pro Kilo Körpergewicht 20 Kal. zu rechnen.

Als Mindestzahl für einen Erwachsenen = 3,5 Quet. bei mittlerer Körpergröße und durchschnittlicher Arbeit kann man aufstellen:

2800 Kalorien, **80 g** nutzbares Eiweiß, **50 g** Fett, **500 g** Kohlehydrate.

2. Eiweiß-(Fleisch-)Ansatz beim Erwachsenen.

Ein Fleischansatz ist z. B. erforderlich bei Rekonvaleszenten, insbesondere nach fieberhaften Krankheiten, wo wir einen erheblich erhöhten Umsatz im Körper, eine gesteigerte Ausscheidung von Stickstoff, Kohlensäure, Salzen und infolgedessen rasche Abnahme des

Körpergewichts beobachten. — Schon während der Krankheit sind in erster Linie Kohlehydrate indiziert, da durch diese der Eiweißzerfall in wirksamster Weise beschränkt und die Fettdepots des Körpers geschont werden. Fette sind als zu schwer verdaulich auszuschließen, Eiweiß oder Pepton ist aus den oben angeführten Gründen erst dann in geringer Menge zu geben, wenn bereits eine Zufuhr von Kohlehydraten besteht.

In der Rekonvaleszenz ist, solange noch kein größeres Nahrungsvolum aufgenommen werden kann, aus denselben Gründen das Hauptgewicht auf Kohlehydrate zu legen. In einer späteren Periode, wo bereits so viel genossen werden kann, daß der Gesamtbedarf des Körpers durch die Nahrung voll gedeckt ist, muß das Eiweiß über den Bedarf des Kraftwechsels hinaus gesteigert werden, um reichlichen Ansatz zu erzielen. Nahrungsfett ist in geringer Menge zu geben, da es leicht Widerwillen erregt. Die Vegetabilien, mit welchen der größte Teil des Kohlehydratbedarfs gedeckt werden muß, liefern zugleich einen Ersatz der im Fieber vermehrt ausgeschiedenen Kalisalze.

Ein besonderer Fall einer auf Fleischansatz berechneten Ernährung liegt dann vor, wenn durch eine länger währende irrationelle Kost Eiweißverarmung des Körpers eingetreten und vorzugsweise Fett an Stelle der verlorenen Eiweißstoffe zur Ablagerung gekommen ist. Solche „aufgeschwemmte“ Individuen müssen vor allem reichlich Eiweiß, daneben die gewöhnliche auch in der Ruhe zerstörte Fettmenge und relativ wenig Kohlehydrate (130—150 g Eiweiß 50 g Fett, 300 g Kohlehydrate) erhalten. Um das Volum der Nahrung zu ergänzen und Sättigung zu erzielen, sind zellulosereiche Gemüse und Früchte zuzufügen. Ferner sind systematische Muskelbewegungen erforderlich, um das überschüssige Körperfett zu zerstören. Der Wassergenuß ist möglichst einzuschränken bezw. wenigstens während der Mahlzeiten zu vermeiden. Die Insuffizienz der Verdauungssäfte eiweißarmer Individuen macht es außerdem oft notwendig, daß nur leicht verdauliche Kost, eventuell unter Zufügung von Salzsäure und Pepsin, gereicht wird.

3. Fettansatz.

Eine Fettablagerung, die über die normalen und wünschenswerten Fettdepots hinausgeht, wird beim Menschen nicht angestrebt, da sie die Leistungsfähigkeit des Körpers hemmt und oft geradezu pathologisch wird. Wohl aber kommt es unabsichtlich nicht selten zu hochgradiger Obesität durch eine irrationelle Ernährung, und es ist wichtig zu wissen, welche Lebensweise den Fettansatz am meisten befördert, damit eine solche vermieden werden kann. Im allgemeinen gelingt

die intensivste „Mästung“ durch genügende Eiweiß- und reichliche Fett- und Kohlehydratzufuhr neben möglichster Körperruhe. Ob Fett oder Kohlehydrate besser wirken, das hängt namentlich ab von der Leistungsfähigkeit der Verdauungsorgane. Bei Pflanzenfressern gelingt die Mästung lediglich mit Eiweiß und Kohlehydraten, wobei allerdings die Eiweißmenge gleichfalls etwas zu steigern ist. Beim Menschen zeigt die Kombination von Fett und reichlich Kohlehydraten gewöhnlich den schnellsten Effekt (etwa 120 g Eiweiß, 100 g Fett, 500 g Kohlehydrate), Körperruhe ist eine der wesentlichsten Bedingungen zum Gelingen der Mästung. Außerdem gehört aber auch eine gewisse individuelle Disposition, ein phlegmatisches Temperament, dazu, das sich bei manchen erst im Alter einstellt.

4. Fettverlust.

Abgesehen von der Darreichung von Medikamenten, namentlich Laxantien, kann eine Entfettung des Körpers erzielt werden:

a) Durch forcierte Körperbewegung ohne gleichzeitige Steigerung der Nahrung; das Körperfett muß dann der Zerstörung anheimfallen. Der Fettansatz beginnt aber wieder, sobald die Bewegung vermindert oder die Nahrungszufuhr erhöht wird; letzteres geschieht um so leichter, als die forcierte Bewegung den Appetit lebhaft anzuregen pflegt.

b) Durch fast völliges Fortlassen des Fettes und der Kohlehydrate und fast ausschließliche Ernährung mit Eiweiß (Bantingkur). Die Kost ist alsdann zur Deckung der Gesamtausgaben des Körpers unzureichend, daher wird das Fett des Körpers in den Zerfall einbezogen; durch reichliche Bewegung ist dieser Zerfall zu beschleunigen. Häufig wird bei einem derartigen Regime das Hungergefühl zu lästig; ferner entstehen leicht Verdauungsstörungen, und bei langer Fortsetzung der Kur, nachdem das Körperfett größtenteils zerstört ist, kann eine nicht unbedenkliche Eiweißverarmung des Körpers sich ausbilden.

c) Ebsteins Methode, bei welcher eine sehr geringe Menge von Kohlehydraten, aber reichlich Fett und mäßig Eiweiß gegeben wird. Die Gesamtmenge der Nahrung ist unzureichend; das Hungergefühl soll aber durch die reichlichen Fettmengen unterdrückt und die Kur somit für längere Zeit durchführbar werden. Bei vielen erzeugen indes die großen Fettgaben Widerwillen oder Verdauungsstörungen; und dann kommt es zu rascher Eiweißverarmung, die gerade bei fetten Individuen gefährlich ist. Für solche, die viel Fett konsumieren und vertragen können, ist die Kur erfolgreich und ohne Beschwerden.

d) Am meisten empfiehlt sich eine Ernährungsweise, die im Prinzip von Voit, Oertel und Schwenninger empfohlen wird und — mit

gewissen Modifikationen — in folgendem besteht: Reichliche Eiweiß-, normale Fett-, zu niedrige Kohlehydratzufuhr; daneben starke Körperbewegung; die Wasseraufnahme soll beschränkt und zwischen die Mahlzeiten verlegt werden; um das Hungergefühl zu beschwichtigen, ist die Nahrung auf zahlreiche kleine Mahlzeiten zu verteilen. Sehr empfehlenswert ist es, Früchte, zarte Gemüse usw., welche weiche Zellulose liefern und nicht nähren, aber sättigen, nach Bedarf zuzufügen. Allmählich ist die Kohlehydratmenge zu steigern, damit keinesfalls Eiweißverarmung des Körpers eintritt.

Sorgfältiges Individualisieren ist bei der Auswahl und Durchführung der Entfettungskuren durchaus erforderlich; bei fanatischem Festhalten an einem Schema kommen oft schwerere Ernährungsstörungen zustande.

Über den Bedarf des wachsenden Körpers s. unten im Kapitel „Die Ernährung des Kindes“.

III. Gesichtspunkte für die Auswahl der Nahrungsmittel, abgesehen von der Deckung des Nährstoffbedarfs.

An die tägliche Kost sind vom hygienischen Standpunkte aus zunächst die im vorstehenden näher begründeten Anforderungen zu stellen, daß dieselbe die nötigen Nährstoffe enthält, und daß sie genügende Geschmacksreize in entsprechender Abwechslung bietet.

Außerdem ist aber noch zu fordern:

1) daß die Nahrung gut ausnutzbar und leicht verdaulich sei;

2) daß sie womöglich durch entsprechende Zubereitung verdaulicher und schmackhafter gemacht werde, daß sie aber beim Aufbewahren und Zubereiten keine schädlichen Bestandteile, Parasiten, Fäulnisgifte, metallische Gifte usw. aufnimmt;

3) daß sie ein zur Sättigung ausreichendes Volum, jedoch kein zu großes Volum ausmacht;

4) daß sie richtig temperiert genossen und

5) daß die Tageskost in zweckmäßiger Weise auf Mahlzeiten verteilt wird.

1. Die Ausnutzbarkeit und Verdaulichkeit der Nahrungsmittel.

Früher glaubte man für die Abschätzung des Nährwertes der einzelnen Nahrungsmittel nur der Resultate der chemischen Analyse zu bedürfen. Aber es hat sich gezeigt, daß in unserem Verdauungstraktus durchaus nicht dieselben Mengen Eiweiß, Stärke usw. zur Resorption gelangen, die bei der chemischen Analyse aus einem Nahrungsmittel

erhalten werden. Namentlich ist das Eiweiß oft in Zellulosehüllen eingeschlossen, welche im Darm nicht gelöst werden können.

Es muß daher für jedes Nahrungsmittel erst gesondert festgestellt werden, wieviel resorptionsfähigen Nährstoff es enthält. Diese Versuche werden entweder in der Weise angestellt, daß der Eiweiß-, Fett- und Kohlehydratgehalt einer genossenen Nahrung genau bestimmt und dann in den zu dieser Nahrung gehörigen Fäzes die Menge der unresorbierten Nährstoffe ermittelt wird. Um zu erkennen, welche Fäzes als unverdauter Teil einer bestimmten Nahrung anzusehen sind, führt man vor und nach dem Genuß der Versuchsnahrung sogenannte markierende Stoffe ein, die sich leicht wieder erkennen lassen, z. B. Preißelbeeren, Kohle, große Portionen Milch, welche letztere einen wenig gefärbten, festen Kot liefern usw.

Außerdem wird der Eiweißgehalt der Nahrung gewöhnlich dadurch bestimmt, daß die Stickstoffmenge ermittelt und aus dieser durch Multiplikation mit 6·25 die Eiweißmenge berechnet wird. Nun enthalten aber viele Vegetabilien reichliche Mengen von Amiden und Amidosäuren (in der Kartoffel z. B. 50 Prozent der N-haltigen Stoffe, ebensoviel oder noch mehr in manchen Gemüsen). Andere Nahrungsmittel enthalten Nukleïne, Leim usw., kurz eine Menge von Stoffen, welche alle viel Stickstoff bei der Analyse liefern, aber entweder gar keine oder doch nicht dem Eiweiß gleichwertige Nährstoffe darstellen. Über diese Verhältnisse können künstliche Verdauungsversuche im Brütofen, bei denen die peptonisierbaren Eiweißstoffe von den übrigen stickstoffhaltigen Stoffen geschieden werden, einen gewissen Aufschluß geben.

Es hat sich bei diesen Versuchen ergeben, daß die Ausnutzung zuweilen individuell nicht unerheblich verschieden ist; bei demselben Individuum treten außerdem aber Schwankungen auf, je nach der Beschaffenheit der Nahrung, und zwar ist zunächst das Volumen der Nahrung von Einfluß. Ein zu großes Volumen setzt die Resorption herab, bewirkt außerdem noch leicht Magenerweiterung, und infolge davon stetes Hungergefühl, sobald nicht die Nahrung in abnormer Menge zugeführt wird. Ferner setzt die Beimengung von Zellulose die Resorption sämtlicher Nährstoffe herab und zwar um so stärker, in je größerer Menge und in je gröberer Form sie vorhanden ist. Auch sehr große Fettmengen haben bei vielen Individuen ähnliche Wirkungen: und ebenso beeinträchtigt ein Überschuß von Kohlehydraten die Ausnutzung dadurch, daß Gärungen und Gärungsprodukte entstehen, welche reizend auf die Darmschleimhaut und die Darmbewegung wirken. Sehr verschieden gestaltet sich ferner die Ausnutzung je nach der Mischung verschiedener Nahrungsmittel. — Von großer Bedeutung für die Ausnutzbarkeit ist die Zubereitung der Nahrungsmittel, durch welche das Volumen derselben geändert, Zellulose entfernt, Fett und Kohlehydrate zugefügt oder beseitigt werden (s. unten).

Trotz dieser zahlreichen einflußreichen Momente lassen sich ge-

wisse Durchschnittszahlen aufstellen (s. Tabelle). Die Zahlen zeigen in sehr ausgesprochener Weise, daß die animalische Nahrung im ganzen eine weit bessere Ausnutzung gestattet, während bei Vegetabilien die gesamte Ausnutzung der Nährstoffe schlechter und die Ausnutzung der Eiweißstoffe in ganz besonderer Weise verringert ist.

Der Kot ist im Grunde nicht ausschließlich als der nicht resorbierte Teil der Nahrung zu betrachten, sondern besteht zum Teil aus Darmsekreten, Epithelien u. dgl., die bei schwer resorbierbarer Nahrung in größerer Menge geliefert werden. Insofern ist es richtiger, von mehr oder weniger Kot bildenden Nahrungsmitteln zu sprechen, als von mehr oder weniger ausnutzbaren (Prausnitz).

Es wurden nicht resorbiert in Prozenten (Rubner):

Nahrungsmittel	Von der Trockensubstanz	Vom Eiweiß	Vom Fett	Von den Kohlehydraten
Gebratenes Fleisch	5·3	2·6	—	—
Schellfischfleisch	4·3	2·5	—	—
Harte Eier	5·2	2·6	4·4	—
Milch	8·8	7·1	5·8	—
Milch und Käse	6·4	3·3	5·2	—
Weizenbrot, feinstes Mehl	4·2	21·8	—	1·1
„ grobes Mehl	12·2	30·5	—	7·4
Roggenbrot, grobes Mehl	13·1	36·7	—	7·9
„ aus ganzem Korn	20·9	46·6	—	14·4
Makkaroni	4·3	17·1	—	1·2
Reis (Risotto)	4·1	20·4	—	0·9
Mais (Polenta)	6·7	15·5	—	3·2
Erbsen	9·1	17·5	—	3·6
Bohnen	18·3	30·2	—	—
Kartoffelbrei	9·4	30·5	—	7·4
Gelbe Rüben	20·7	39·0	—	18·2

Von der Ausnutzbarkeit verschieden ist die Leichtverdaulichkeit der Nahrungsmittel. Erstere mißt den Anteil der Nährstoffe, welcher überhaupt schließlich zur Resorption gelangt, unbekümmert um etwa dabei auftretende Verdauungsbeschwerden. Unter einem leicht verdaulichen Nahrungsmittel dagegen verstehen wir ein solches, welches auch in größerer Menge genossen, rasch resorbiert wird, und selbst bei empfindlichen Menschen keine Belästigung in den Verdauungswegen hervorruft. Dasselbe Nahrungsmittel (z. B. der Käse) kann gut ausnutzbar aber schwer verdaulich sein; harte und weiche Eier, Stärke

und Zucker sind in gleichem Grade ausnutzbar, aber in bezug auf die Schnelligkeit der Verdauung erheblich verschieden.

Als leicht verdaulich sind namentlich gut zerkleinerte, von den Verdauungssäften leicht zu durchdringende, fett- und zellulosefreie Nahrungsmittel zu bezeichnen. Für schwer verdaulich gelten konzentrierte, stark fetthaltige, kompakte Nahrungsmittel, welche dem Durchdringen der Verdauungssäfte viel Widerstand entgegensetzen (Käse, harte Eier, wenig zerkleinertes Fleisch, mit Fett und Zucker bereitete Backwaren) oder welche durch scharfe Stoffe, Zellulose, spätere Gärungen usw. den Magen oder Darm abnorm reizen (ranzige Butter, Pumpernickel, ganze Leguminosen usw.). — Auch auf die Leichtverdaulichkeit einer Nahrung ist die Zubereitung derselben von großem Einfluß.

2. Aufbewahrung und Zubereitung der Nahrungsmittel.

Bei der Aufbewahrung der zum Genuß bestimmten Nahrungsmittel muß darauf gesehen werden, daß dieselben keinerlei Gerüche, schädliche Stoffe und namentlich keine Infektionserreger aufnehmen können. Besondere reinlich gehaltene und ventilierbare, von den Wohn- und Schlafräumen getrennte Vorratsräume sind dazu unerläßlich, fehlen aber nicht selten selbst in den elegantesten städtischen Häusern. — Da ferner die meisten Nahrungsmittel, besonders die animalischen, rascher Zersetzung durch Saprophyten unterliegen, sind antifermentative Mittel anzuwenden, wenn eine längere Konservierung der Nahrungsmittel beabsichtigt ist. Hierzu eignet sich vor allem die Kälte; Keller von ausreichender Tiefe oder Eisschränke finden am häufigsten Anwendung. Zu beachten ist, daß in den Eisschränken die Speisen höchstens auf $+7^{0}$ abgekühlt zu werden pflegen, daß also die Bakterienentwicklung keineswegs ganz aufhört, sondern nur verzögert wird; die Speisen sind daher nur eine begrenzte Zeit haltbar.

Sonstige Mittel zur Konservierung bestehen im Kochen; Kochen in verschlossenen Gefäßen; Trocknen; Räuchern; Zusatz von Salicylsäure u. dgl., oder in einer Kombination mehrerer Verfahren. Dieselben finden namentlich für Milch, Fleisch und Gemüse Anwendung (s. dort).

Eine Zubereitung der Nahrungsmittel ist notwendig, einmal um die Speisen schmackhafter zu machen, so daß sie zum Genuß anregen; dann um sie ausnutzbarer und leicher verdaulich zu machen.

Dieser Zweck wird erreicht a) durch Abtrennen der Abfälle. Die aus grober Zellulose bestehenden Hüllen der Gemüse, die Sehnen und Fascien des Fleisches usw. werden entfernt. Über die Menge der Abfälle siehe die Tabelle S. 171. b) Durch mechanisches Bearbeiten. Klopfen des Fleisches sprengt die

Bindegewebshüllen; Zerkleinern und Zermahlen bewirkt bei vegetabilischen Nahrungsmitteln eine Trennung der das Eiweiß und die Stärke einschließenden Hüllen, vergrößert die Oberfläche und arbeitet dem Kauen der Nahrung vor. c) Durch Kochen mit Wasser, Dämpfen, Braten, Backen werden Zellulosehüllen gesprengt, Stärkekörner in lösliche Stärke oder Dextrin übergeführt, das Eiweiß zum Gerinnen gebracht. Die Nahrungsmittel verlieren dabei teils Wasser, teils nehmen sie mehr Wasser auf. Manche lösliche Stoffe gehen in das Kochwasser über. — Anhaftende Parasiten und Infektionserreger werden vernichtet. d) Durch Gärungsprozesse, mittels deren Brotteig, Backwerk usw. aufgetrieben und gelockert, oder Fleisch oder zellulosereichere Vegetabilien verdaulicher gemacht werden (Einlegen von Fleisch in saure Milch; Gärung des Sauerkohls).

Beachtenswert sind die Kochverfahren von Becker, Grove und anderen, welche in öffentlichen Anstalten vielfach Eingang gefunden haben. Bei denselben läßt man Dampf von 60—70° sehr lange auf die Speisen einwirken. Ein Anbrennen, Überkochen usw. kann nicht stattfinden, die Beaufsichtigung ist daher sehr einfach; ferner findet kein Auslaugen der Speisen statt. Fleisch wird zart und saftig, Gemüse werden völlig weich, die Stärke wird besser aufgeschlossen. Ob wirklich, wie einige behaupten, auch eine bessere Ausnutzung der vegetabilischen Eiweißstoffe durch dies Kochverfahren möglich wird, ist noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Für kleine Haushaltungen empfiehlt sich die Verwendung der Kochkiste, d. h. einer Kiste, in deren Mitte die zum Sieden erhitzte Speise eingesetzt wird, während zwischen Topf und Wandungen der Kiste dicke Lagen schlecht wärmeleitenden Materials, Holzwolle, Papierballen u. dgl. eingeschaltet sind. Die Temperatur der Speisen hält sich stundenlang auf 80—90°; Gemüse können in dieser Weise langsam und sicher gar und weich werden.

Bezüglich des Materials der Kochgeschirre ist Vorsicht geboten, da nicht selten Gifte aus denselben in die Speisen übergehen und zu Vergiftungen Anlaß geben. — Kupfer- und Messinggefäße sind mit Vorsicht zu verwenden. Dieselben dürfen nur in völlig blankem Zustande ohne jeden Ansatz von sog. Grünspan zum Kochen benutzt werden. Sauere Speisen dürfen überhaupt nicht in Kupfergeschirren bereitet werden; verschiedenste mehl- und zuckerhaltige Speisen dürfen nicht in denselben aufbewahrt werden, weil durch allmähliche Bildung organischer Säuren Kupfer gelöst werden könnte. Zweckmäßig kommen nur verzinnte oder besser vernickelte Kupfergeschirre in Gebrauch. — Verzinnte Kochgefäße, Konservebüchsen usw., ferner glasierte bzw. emaillierte irdene oder eiserne Gefäße enthalten oft Blei. Über die mit Bezug hierauf gebotenen Vorsichtsmaßregeln s. Kap. VIII. — Vernickelte Gefäße lassen in saure Speisen geringe, aber unschädliche, Spuren von Nickel übergehen. Ähnlich verhalten sich Aluminiumgeschirre.

Da mit den Nahrungsmitteln vielfach Krankheitserreger eingeschleppt werden, ist peinlichste Reinlichkeit in bezug auf alle Küchenutensilien und gelegentliche Desinfektion mit kochender Sodalösung erforderlich.

3. Das Volum der Nahrung.

Im Mittel ist zur Sättigung eines Erwachsenen die fertig zubereitete feste Nahrung in einem Quantum von 1800 g erforderlich; doch kommen bedeutende individuelle Abweichungen vor und namentlich ist bei Menschen, die wesentlich von Vegetabilien und fettarmer Kost leben, das Volum höher (auf 2500—3000 g) zu bemessen. Ein Volum über diese Zahl hinaus kann von den meisten Menschen nicht bewältigt werden.

Das Volum, in welchem die einzelnen Speisen die gleichen Mengen von Nährstoffen gewähren, hängt ab von den nach der Bereitung vorhandenen Wassermengen. Im allgemeinen sind die animalischen Nahrungsmittel die konzentrierteren, weil sie bei der Zubereitung noch Wasser verlieren, während die Vegetabilien als fertige Speise sehr viel mehr Wasser enthalten, als im Rohzustande. Es beträgt der Wassergehalt von:

Rindfleich, frisch	75	Prozent.	Weizenmehl	13	Prozent.
„ gekocht	57	„	Weizenbrot	38	„
„ gebraten	59	„	Erbsen, roh	14	„
Kalbfleisch, frisch	78	„	Erbsenbrei	73	„
„ gebraten	62	„	Erbsensuppe	90	„
			Kartoffel, roh	75	„
			Kartoffelbrei	78	„

Leguminosen, Kartoffeln und die meisten anderen Gemüse können deshalb überhaupt nicht über ein gewisses Maß hinaus genossen werden, weil sonst das Volum der Gesamtnahrung ganz abnorm vermehrt und die Ausnutzung wesentlich herabgesetzt werden würde.

Handelt es sich allerdings darum, eine möglichst leicht verdauliche Kost herzustellen, so ist flüssige oder breiige Konsistenz im allgemeinen vorzuziehen. Im Kindesalter ist zweifellos eine solche Beschaffenheit der Kost einzig indiziert; ebenso ist sie bei Kranken und Rekonvaleszenten empfehlenswert, obwohl hier in vielen Fällen konsistentere, aber gut zerkleinerte Nahrung ebensogut vertragen wird.

Für den gesunden Erwachsenen ist breiige und flüssige Kost nur in Abwechslung mit fester Nahrung zulässig, weil sonst die nötige Nährstoffmenge nicht zugeführt werden kann, und die reizlose Beschaffenheit der Kost leicht Widerwillen hervorruft (Gefängniskost).

4. Die Temperatur der Nahrung.

Als normal ist für den Säugling eine Temperatur der Nahrung zwischen $+35^0$ und $+40^0$, für den Erwachsenen zwischen $+7^0$ und $+55^0$ zu bezeichnen. Niedriger temperierte Speisen und Getränke führen leicht zu gastrischen Störungen, bedingen außerdem Verlang-

samung der Herztätigkeit und bei größeren Flüssigkeitsmengen ein Absinken der Körpertemperatur. — Habitueller Eisgenuß in der warmen Jahreszeit ist entschieden bedenklich, ganz abgesehen von der Infektionsgefahr, der man sich durch den Genuß des Roheises aussetzt.

Zu heiße Speisen können Verbrennung oder wenigstens Hyperämieen und Epithelschädigungen der Mund- und Magenschleimhaut bewirken; vielleicht sind sie imstande die Verdauungsfermente zu beeinträchtigen; außerdem erfolgt durch heiße Getränke Steigerung der Pulsfrequenz und eventuell der Körpertemperatur.

5. Verteilung der Tageskost auf Mahlzeiten.

Die Frage, wie die Tageskost in zweckmäßigster Weise auf Mahlzeiten verteilt wird, läßt sich nicht mit einer allgemein gültigen Regel beantworten. Empfindliche Individuen von geringer Kapazität des Magens und geringer Verdauungskraft bedürfen einer stärkeren Repartierung der Nahrung als robuste Menschen. Beim Gesunden variiert die Einteilung nach der Beschäftigung und nach der Art der Kost. Bei körperlicher Arbeit und vorzugsweise vegetabilischer, voluminöser Kost sind häufigere (5) Mahlzeiten zweckmäßig, in der Tagesmitte die stärkste, welche ungefähr die Hälfte der ganzen Ration umfaßt. Bei geistiger Arbeit und eiweiß- und fettreicher Kost ist die englische Sitte, früh eine reichliche Fleischmahlzeit, im Laufe des Tages nur einmal leichte Speisen und die Hauptmahlzeit am späten Nachmittag bzw. Abend einzunehmen, am empfehlenswertesten.

Bei Arbeitern sind im Mittel 40—50 Prozent der täglichen Eiweißration, 50—60 Prozent des Fettes, 30 Prozent der Kohlehydrate in der Mittagsmahlzeit gefunden; etwa 30 Prozent vom Eiweiß, 30 Prozent vom Fett und 30 Prozent von den Kohlehydraten entfallen auf die Abendmahlzeit; der Rest der Kohlehydrate verteilt sich in Form von Brot auf die verschiedenen kleinen Mahlzeiten.

IV. Auswahl und Zusammensetzung einer rationellen Kost.

Faßt man nur den Kraftwechsel ins Auge und berechnet den Nährwert der Nahrungsmittel nach Kalorien, so ist aus folgender Tabelle der Betrag der physiologisch verwertbaren Kalorien für einige der wichtigsten Nahrungsmittel zu entnehmen:

100 g	mageres Fleisch	liefern	100	Cal.	100 g	Schwarzbrot	liefern	220	Cal.
100 „	Fisch	„	70	„	100 „	Weißbrot	„	210	„
1	Ei	„	80	„	100 „	Reis	„	350	„
1	Eigelb	„	60	„	100 „	Mehl	„	330	„
100 „	Milch	„	65	„	100 „	Erbsen	„	310	„
100 „	Butter	„	770	„	100 „	Kartoffeln	„	90	„

Eine Kost, welche die erforderlichen Kalorienmengen deckt, kann indes, wie sich aus den vorstehenden Ausführungen ergibt, durch eine unrichtige Verteilung von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten doch noch zu Belästigungen und Schädigungen des Körpers führen. Auch die einzelnen Nährstoffe werden daher in rationeller Weise gruppiert werden müssen. Dabei kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Es stehen uns zur Deckung des Nahrungsbedarf teils vegetabilische, teils animalische Nahrungsmittel zur Verfügung. Die Zusammensetzung der wichtigsten derselben geht aus nebenstehenden Tabellen hervor. Vergleicht man den Gehalt beider an Nährstoffen, so ist ersichtlich, daß bezüglich des Eiweißgehaltes die animalischen Nahrungsmittel, z. B. Fleisch, Milch, Käse, den ersten Platz einnehmen. Sie enthalten prozentisch die größte Menge Eiweiß und dieses in einer völlig ausnutzbaren Form; unter den Vegetabilien zeichnen sich nur die Leguminosen durch einen höheren Eiweißgehalt aus, der aber wesentlich dadurch beeinträchtigt wird, daß diese Eiweißstoffe nur zu 50—70 Prozent ausnutzbar sind. Kartoffeln, Kohl und andere Gemüse kommen bezüglich der Eiweißzufuhr so gut wie gar nicht in Betracht. — Eine Fettzufuhr wird nur durch fettes Fleisch, Milch, Butter und fetten Käse gewährt. Die für die tägliche Kost in Betracht kommenden Vegetabilien enthalten Fett in kaum nennenswerter Menge. — Kohlehydrate dagegen sind ausschließlich in Vegetabilien enthalten; nur die Milch ist ausgenommen, welche indes für eine reichlichere Zufuhr bei Erwachsenen außer Betracht bleibt.

Daraus ist ohne weiteres zu entnehmen, daß wir infolge unseres bedeutenden Bedarfs an Kohlehydraten auf eine gewisse große Menge von Vegetabilien durchaus angewiesen sind. Während wir mit den Vegetabilien den Bedarf an Kohlehydraten decken, bekommen wir einen kleinen Teil Fett und eine nicht unbeträchtliche Menge Eiweiß gleichzeitig zugeführt, und es wird darauf ankommen, die Menge auch dieser anderen Nährstoffe genauer zu bestimmen, um danach herauszurechnen, was noch für weitere Nahrungsmittel der täglichen Kost zuzufügen sind.

Rechnen wir für den körperliche Arbeit leistenden Mann einen Bedarf von 500 g Kohlehydrate, so sind diese z. B. enthalten in 650 g Reis oder 1100 g Brot oder 2500 g Kartoffeln oder 900 g Leguminosen. Für gewöhnlich wird der größte Teil durch Brot gedeckt; bei Soldaten und Arbeitern hat man festgestellt, daß pro Kopf und Tag 500—700 g Brot zu rechnen sind, im Mittel 600 g. In diesen finden sich 230 g Kohlehydrate; es bleiben dann also noch 170 g Kohlehydrate anderweitig zu decken und diese sind ent-

Chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel.

Animalische Nahrungsmittel.

	Wasser	Eiweiß (6·25 × N)	Fett	Kohlehydrate und N-freie Extraktivstoffe	Asche
	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
Frauenmilch	89·2	2·1	3·4	5·0	0·2
Kuhmilch	87·5	3·4	3·6	4·8	0·7
Ziegenmilch	86·91	3·69	4·09	4·45	0·86
Eselsmilch	90·04	2·01	1·39	6·25	0·31
Butter	14·14	0·68	83·11	0·70	1·19
Käse (fett)	35·75	27·16	30·43	2·53	4·13
„ (halbfett) . . .	46·82	27·12	20·54	1·97	3·05
„ (mager)	48·02	32·65	8·41	6·80	4·12
Abgerahmte Kuhmilch	90·63	3·06	0·79	4·77	0·75
Ochsenfleisch, mittelfett	72·25	21·39	5·19	—	1·17
Kalbfleisch, mager . .	78·82	19·86	0·82	—	1·33
Schweinefleisch, fett .	47·40	14·54	37·34	—	0·72
Schinken, geräuchert .	27·98	23·97	36·48	1·50	10·07
Leberwurst	48·70	15·93	26·33	6·38	2·66
Hering, frisch . . .	80·71	10·11	7·11	—	2·07
„ gesalzen . .	46·23	18·90	16·89	1·57	16·41
Schellfisch	80·92	17·09	0·35	—	1·64
Pökling	69·49	21·12	8·51	—	1·24

Vegetabilische Nahrungsmittel.

	Wasser	Eiweiß (6·25 × N)	Fett	Zucker	Sonstige N.freie Extraktivstoffe	Holzfaser	Asche
	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
Weizen	13·56	12·42	1·70	1·44	66·45	2·66	1·77
Roggen	15·26	11·43	1·71	0·96	66·86	2·01	1·77
Weizenmehl, feinstes	14·86	8·91	1·11	2·32	71·86	0·33	0·61
Roggenmehl . . .	14·24	10·97	1·95	3·88	65·86	1·62	1·48
Gerstemehl (Gries) .	15·05	11·75	1·71	3·10	67·60	0·11	0·47
Weizenbrot, feines .	38·15	6·82	0·77	2·37	40·97	0·38	1·18
Roggenbrot, frisch .	44·02	6·02	0·48	2·54	45·33	0·30	1·31
Pumpernickel, westf.	43·42	7·69	1·51	3·25	41·87	0·94	1·42
Nudeln	13·07	9·02	0·28	—	76·79	—	0·84
Reis (enthülst) . .	13·23	7·81	0·69	—	76·40	0·78	1·09
Bohnen	13·60	23·12	2·28	—	53·63	3·84	3·53
Erbsen	14·31	24·81	1·85	—	54·78	3·85	2·47
Steinpilze	12·81	36·12	1·72	—	37·26	6·71	6·38
Kartoffeln	75·77	1·79	0·16	—	20·56	0·75	0·97
Möhren	87·05	1·04	0·21	6·74	2·66	1·40	0·90
Rotkraut	90·06	1·83	0·19	1·74	4·12	1·29	0·77
Gurke	95·60	1·02	0·09	0·95	1·33	0·62	0·39
Äpfel	83·58	0·39	—	7·73	6·01	1·98	0·31
Weintrauben . . .	78·17	0·59	—	14·36	2·75	3·60	0·53
Walnuß	4·68	16·37	61·68	—	7·89	6·17	2·03

halten in zirka 200 g Reis oder 800 g Kartoffeln oder 270 g Leguminosen.

Wieviel Eiweiß haben wir nun durch die Einführung dieser Vegetabilien gewonnen? In 600 g Brot sind 36 g Eiweiß enthalten, in 200 g Reis 15 g, in 800 g Kartoffeln 14 g, in 270 g Leguminose 65 g Eiweiß. Von diesem Eiweiß dürfen wir aber nur einen Teil als ausnutzbar rechnen; im Brot erhalten wir 28 g verdauliches Eiweiß im Reis 10 g, in den Kartoffeln 9 g, in den Leguminosen 45 g, in Summa der Tagesration also 38 oder 37 oder ausnahmsweise 73 g verdauliches Eiweiß.

Bei Zugabe von Leguminosen ist die Eiweißzufuhr zwar weit beträchtlicher; es ist indessen ganz unmöglich, pro Tag eine Menge von 270 g Leguminosen zu verzehren. Diese sind nämlich, wie bereits oben erörtert wurde, stets nur in sehr wasserreicher Form aufzunehmen und bieten ein außerordentlich großes Nahrungsvolumen dar. 270 g Leguminose liefern in Form von dickstem Brei etwa 900 g, in Form von Suppe etwa 2500 g fertiger Speise! Es kann daher höchstens ein kleiner Teil des Kohlehydratbedarfs mit Leguminose gedeckt werden, während für den Rest stickstoffärmere Nahrungsmittel, Kartoffeln u. dgl. an die Stelle zu setzen sind.

Sonach gewinnt man durch die Vegetabilien im Mittel nur etwa 40 g verdauliches Eiweiß. Es fehlen dann noch zu einer vollständigen Deckung des Eiweißbedarfs eines Erwachsenen aus einer Arbeiterfamilie im Mittel: 40 g verdauliches Eiweiß.

Wollte man nun diese 40 g verdauliches Eiweiß auch noch durch vegetabilische Nahrung decken, so würde man offenbar einen großen Fehler begehen. Wir würden dann unvermeidlich noch mehr Kohlehydrate bekommen und den gesamten Kraftwechsel in lästiger Weise steigern; außerdem würde die Ausnutzung der gesamten Nahrung verschlechtert, und das ganze Volumen der Nahrung würde, weil alle Vegetabilien bei der Zubereitung viel Wasser aufnehmen, entschieden zu groß werden. Versucht man es trotzdem mit ausschließlich vegetabilischer Kost auszukommen, so wird meistens nicht vollständig genügend Eiweiß in den Körper aufgenommen, dagegen ein entschiedener Überschuß von Kohlehydraten, und es entsteht bei dieser Art der Ernährung leicht ein eiweißarmer, dagegen fettreicher Körper.

Einzig rationell ist es vielmehr, jene 40 g verdauliches Eiweiß durch animalische Kost zu decken. Dieselben sind z. B. enthalten in zirka 250 g Fleisch, 1330 ccm Milch, 300 g (= 6 Stück) Eiern, 200 g Käse. Selbstverständlich sind auch hier verschiedene Nahrungs-

mittel zu kombinieren, also z. B. 200 g Fleisch + $^1/_2$ Liter Milch oder 200 g Fleisch = 4 Eier usw.

Nicht selten fehlt es der Nahrung noch an Fett. Nur wenn Milch, Käse, fettes Fleisch zur Deckung des Eiweißbedarfes verwendet wird, ist Fett gewöhnlich genügend vorhanden; andernfalls muß dasselbe noch extra in Form von Butter, Speck usw. zugefügt werden, und auf diese Ergänzung ist bei körperlich arbeitenden Menschen besonderer Wert zu legen.

Mit der vorstehenden Rechnung haben wir auch eine präzise Antwort auf die Frage erhalten, in welchem Verhältnis Pflanzen- und Tierkost genossen werden soll und ob wir etwa ausschließlich auf Pflanzenkost angewiesen sind. Das Fehlen eines ausgedehnteren Blinddarms, die verhältnismäßig geringe Länge unseres Darms, die vergleichsweise kurze Aufenthaltszeit der Nahrung im Darm stellen uns entschieden den Fleischfressern näher. Indessen ist auf diese Vergleiche wenig Wert zu legen; maßgebend ist allein die Tatsache, daß die meisten Menschen mit ausschließlicher Pflanzenkost nicht existieren können, ohne Einbuße an Körpereiweiß und an Energie zu erfahren. Manche Menschen können wohl die vegetabilische Nahrung so vortrefflich ausnutzen, daß sie sich mit solcher Kost im Gleichgewicht halten; sehr leicht tritt aber auch in solchen Fällen, sobald die übergroße Nahrungsaufnahme aus irgend welchen Gründen beschränkt werden muß, eine gewisse Eiweißverarmung des Körpers ein. Die Vegetarianer weisen vielfach hin auf fremde Völker, welche rein vegetabilische Kost genießen und dabei hoher Kraftentwicklung fähig sein sollen; es ist indes durch zahlreiche gute Beobachtungen konstatiert, daß auch die Japaner, Chinesen, Inder usw. eine kleine, allerdings nicht in die Augen fallende und daher oft übersehene Menge von animalischem Eiweiß in Form von Käse, getrockneten Fischen u. dgl. genießen. Auch bei uns ist ja die Menge der animalischen Nahrung im Vergleich zur vegetabilischen außerordentlich gering; namentlich in gewissen Schichten der Bevölkerung, so bei der ganzen ländlichen Bevölkerung, besteht die ganz überwiegende Menge der Nahrung aus Vegetabilien, und die animalische Kost tritt scheinbar gänzlich zurück. Wie wichtig aber gerade die kleine Zutat animalischer Kost für den Menschen ist, das sehen wir z. B. in denjenigen Distrikten, wo die Bevölkerung zu arm ist, um irgend welche animalische Kost zu genießen, ferner an den Gefangenen, welche bis vor wenigen Jahren ausschließlich als Vegetarianer genährt wurden. Erst infolge der außerordentlich schlechten Erfahrungen, die man mit diesem Kostregime der Gefangenen machte, ging man schließlich zu einer geringen animalischen Zukost über, und seitdem ist der Ernährungszustand derselben entschieden gebessert.

Etwas Gutes liegt übrigens, wie in allen derartigen Agitationen, auch in der vegetarianischen Bewegung; sie hat uns vor der Überschätzung der animalischen Kost gewarnt, welche früher unter dem Einflusse der Liebigschen Lehren vorherrschend geworden war.

V. Kosten einer möglichst billigen Nahrung.

Vom sozialhygienischen Gesichtspunkte aus ist der Preis der Nahrungsmittel von größter Bedeutung. Kommt es auf diesen nicht

an, so ist eine rationelle Komposition der Kost verhältnismäßig leicht; wo aber mit dem Gelde gespart werden muß, da kommt es leicht zu einem unzweckmäßigen Überwiegen der billigeren vegetabilischen Nahrungsmittel und das animalische Eiweiß und das Fett fallen zu knapp aus, weil beide relativ teuer sind.

Gewöhnlich sucht man ein Urteil über die Preiswürdigkeit der Nahrungsmittel in folgender Weise zu gewinnen (Demuth): Im Durchschnitt aus den verschiedensten Nahrungsmitteln bekommt man für 1 Mark: 185 g Eiweiß, 107 g Fett, 495 g Kohlehydrate. Kauft man Fett allein, so stellt sich der Preis von 1 g auf durchschnittlich 0·12 Pfennig. Da 240 g Kohlehydrate 100 g Fett in der Leistung für den Körper zu vertreten imstande sind, beziffert sich demnach der Wert von 1 g Kohlehydrate auf 0·05 Pfennig. In der obigen Durchschnittsberechnung hat man somit: 100 Pfennige = $107 \times 0 \cdot 12 + 495 \times 0 \cdot 05 + 185 \times x$; rechnet man das x aus, so erhält man den Wert von 1 g Eiweiß zu 0·38 Pfennig. Auf Grund dieser Zahlen läßt sich der „Nährgeldwert" jedes Nahrungsmittels berechnen und bestimmen, inwieweit der Kaufpreis von dem wirklichen Wert der darin enthaltenen Nährstoffe abweicht. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht des Kaufpreises, der gelieferten Nährstoffe und Kalorien und des Nährgeldwerts verschiedener Nahrungsmittel:

Für eine Mark erhält man:

Nahrungsmittel	Gewichtsmenge	Resorbierbare Nährstoffe (Gramm)			Kalorien	Nährgeldwert (Pfennige)
		Eiweiß	Fette	Kohlehydrate		
Rindfleisch	666 g	136	33	3	1027	48·7
Kalbfleisch	727 „	134	51	1	1197	50·3
Heringe	1000 „	184	161	16	2531	55·4
Milch	6250 „	203	217	307	4409	108·0
Magermilch	10000 „	296	70	475	4173	129·7
Magerkäse	1250 „	420	135	68	3783	158·1
Roggenbrot	4000 „	188	16	1890	8878	158·8
Kartoffeln	16666 „	221	23	3292	14874	240·3
Reis	1500 „	79	26	1167	5400	84·0
Erbsen	2500 „	457	41	1431	8640	227·2
Gelbe Rüben	50000 „	312	99	4320	20301	330·8

In den meisten Fällen sind indes vegetabilische und animalische Kost gar nicht direkt in bezug auf ihren Preis vergleichbar, weil sie ganz verschiedene Funktionen haben. Nur diejenigen Nahrungsmittel lassen sich miteinander in Vergleich setzen, mit welchen man den gleichen Zweck erreicht, also wenn man Kohlehydrate braucht, nur diejenigen, mit welchen man Kohlehydrate, oder wenn Eiweiß nötig ist, diejenigen, mit welchen man Eiweißstoffe einführt.

Handelt es sich um Deckung der Kohlehydrate, dann konkurrieren ausschließlich Vegetabilien untereinander und die Preiswürdigkeit dieser geht aus folgender Tabelle hervor:

500 g Kohlehydrate sind enthalten in:	und diese Nahrung kostet[1]
650 g Reis	27 Pfennige
1100 „ Brot	20 „
3340 „ Kartoffeln = 2500 g geschält	25 „
900 „ Erbsen	38 „
15000 „ Kohlrüben	75 „

Handelt es sich dagegen um Deckung jener 60 g Eiweiß und 60 g Fett, welche nach der Zufuhr der Vegetabilien noch übrig bleiben, so kommen die Vegetabilien gar nicht in Betracht, weil sie für diesen Zweck nicht die richtigen Nährstoffe bieten. Zur Deckung jener 480 g müssen wir daher unter den animalischen Nahrungsmitteln billige herauszufinden suchen; und solche existieren in der Tat. Fleischpräparate, z. B. billige Würste, namentlich aber Fische (im frischen wie im geräucherten und gesalzenen Zustande), abgerahmte Milch und die verschiedenen Arten Käse liefern Eiweiß und eventuell auch Fett zu relativ billigem Preise (s. Tabelle).

40 g nutzbares Eiweiß sind enthalten in	Diese Nahrung kostet	und enthält außerdem
250 g Fleisch	33 Pfennige	—
330 „ Schellfisch	16 „	—
400 „ Leberwurst	60 „	120 g Fett
220 „ Cervelatwurst	44 „	90 „ „
190 „ Preßwurst	19 „	38 „ „
200 „ Pferdewurst	8 „	12 „ „
250 „ Räucherhering	12·5 „	30 „ „
300 „ Eier (6 Stück)	30 „	24 „ „
1330 „ Kuhmilch	24 „	40 „ „
1330 „ Magermilch	10 „	6 „ „
200 „ Magerkäse	7 „	20 „ „
220 „ Erbsen	10 „	120 „ Kohlehydrate
800 „ Brot	14·5 „	370 „ „
4000 „ Kartoffeln	32 „	600 „ „

In Form von Vegetabilien ist das Eiweiß durchaus nicht etwa billiger zu beschaffen. Wie aus vorstehender Tabelle hervorgeht, kommen

[1] Breslauer Marktpreise.

wir zu einer ebenso billigen oder billigeren Deckung des Eiweißbedarfs höchstens mit Leguminosen, die jedoch aus den oben angeführten Gründen praktisch gar nicht in Konkurrenz treten können.

Demnach läßt sich die Nahrung eines Arbeiters z. B. in folgender Weise zusammensetzen:

	Verdaul. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Preis
500 g Schwarzbrot	30 g	8 g	230 g	18 Pf.
1000 „ geschälte Kartoffeln . . .	10 „	—	200 „	8 „
125 „ Hering	20 „	10 „	—	6 „
100 „ Preßwurst	22 „	20 „	—	10 „
50 „ Schmalz	—	40 „	—	6 „
	82 g	73 g	430 g	48 Pf.
Dazu: Salz, Gewürz, Kaffee usw.				22 „
			Summa	70 „

Für einen Menschen, der nicht körperlich, sondern geistig arbeitet und kleinere Mengen von Kohlehydraten, mehr Fett und Eiweiß, und einer leicht verdaulichen Kost bedarf, stellt sich die Berechnung etwa folgendermaßen:

	Verdaul. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Preis
300 g Weißbrot.	17·0 g	4 g	135 g	10 Pf.
530 „ roh = 400 g geschälte Kartoffeln	5·4 „	—	80 „	4 „
100 „ Reis zu Milchreis	5·8 „	—	76 „	5 „
500 ccm Milch zu Milchreis . . .	20·0 „	20 „	20 „	9 „
100 g (=110 g roh) Ei	12·5 „	12 „	—	10 „
250 „ (=317 g roh) Fleisch . . .	50·0 „	—	—	43 „
60 „ Butter	—	50 „	—	15 „
	110·7 g	86 g	311 g	96 Pf.

Die außerdem erforderlichen Geschmacksmittel, Gewürze, Bratfett und sonstige Zubereitungskosten, sowie die ebenso unentbehrlichen Genußmittel sind hier auf mindestens 30 Pf. zu veranschlagen.

Der Minimalpreis der täglichen Arbeiternahrung inklusive Genußmittel stellt sich demnach auf etwa 70 Pf. Für eine Familie, bestehend aus Mann, Frau und 2—3 Kindern, die insgesamt drei Erwachsenen gleich zu rechnen sind, ist also ein Aufwand für Nahrung erforderlich in der Höhe von 2 M. 10 Pf. Da die Nahrung in dem Budget einer

Arbeiterfamilie sich auf 50—60 Prozent der Ausgaben beziffert, so kann erst ein tägliches Einkommen (Sonn- und Feiertage nicht ausgenommen!) von etwa 3 M. 50 Pf. einer solchen Arbeiterfamilie eine rationelle Ernährung ermöglichen.

Wo die Lage der Industrie und des Handwerks derart ist, daß dieser Forderung der Hygiene nicht entsprochen werden kann, muß versucht werden, dem Arbeiter die notwendigen Nahrungsmittel zu billigerem Preise zu verschaffen.

Dies kann einmal dadurch geschehen, daß dem Arbeiter die Nahrungsmittel nicht zu Markt- sondern zu Engrospreisen geboten werden, wie in den öffentlichen Anstalten, beim Militär usw. Hier werden alle Nahrungsmittel soviel als möglich direkt und in großen Massen gekauft, das Vieh selbst geschlachtet usw. Die Preisunterschiede sind schon in bezug auf Vegetabilien und Brot erheblich, noch bedeutender aber in bezug auf Fleisch, das im Engrospreise um 30 bis 50 Prozent billiger ist. Für die Ernährung eines Gefangenen brauchen daher nur 36 Pf., für die Ernährung eines Soldaten (abgesehen von der Zukost) 35 Pf. pro Kopf und Tag verausgabt zu werden. — Auch die ärmere Bevölkerung kann die Nahrung zu derartig niedrigem Preise beziehen durch Vermittlung von Konsumvereinen, ferner durch Benutzung von Volksküchen, welche ein ausreichendes Mittagessen für den Herstellungspreis oder unter diesem gewähren.

Außerdem kann für die Arbeiterernährung viel genützt werden durch Anleitung zu einer rationellen Auswahl der Nahrungsmittel. Aufklärungen über den Nährstoffgehalt der Nahrungsmittel und speziell über diejenigen, welche Eiweiß und Fett billig liefern, sind durch Koch- und Haushaltungsschulen und durch Flugblätter zu verbreiten. Selbstverständlich müssen die empfohlenen Nahrungsmittel Geschmacksreize haben, die dem Arbeiter gewohnt und angenehm sind; von der Anpreisung von Nahrungsmitteln, die fremde Geschmacksreize und ungewohntes Aussehen haben, ist nichts zu erwarten. Aber gerade auch unter den heimischen beliebten Nahrungsmitteln werden oft die billigen Eiweißlieferanten bei weitem nicht genügend geschätzt. — Besonders wichtig in dieser Beziehung sind die frischen, gesalzenen und geräucherten Fische, durch welche der Eiweißbedarf in außerordentlich billiger Weise zu ergänzen ist. Eine ähnliche Rolle spielen die Molkereiprodukte; Magerkäse, Quark und insbesondere abgerahmte Milch haben auf dem Lande fast keinen Wert, können aber bei der jetzigen Behandlungsweise der Milch sehr wohl in nahe gelegene Städte transportiert und dort der Bevölkerung zu außerordentlich billigen Preisen verkauft werden.

Endlich sucht man Surrogate herzustellen, wie z. B. die Kunstbutter, welche billige Fette schmackhaft und im Haushalt verwendbar zu machen sucht.

Wenig bewährt hat sich bis jetzt ein Fleisch-Import von überseeischen Ländern, in welchen die Produktion des Fleisches wenig oder gar nichts kostet (s. u. „Fleisch"). Vor einigen Jahren erregte namentlich das „Carne pura" (s. ebenda) viel Aufsehen. Aber auch dieses Präparat war, ebenso wie die übrigen importierten Fleischarten entschieden zu teuer, als daß es für die Volksernährung ernstlich in Betracht kommen konnte. 60 g verdauliches Eiweiß waren beispielsweise enthalten in 86 g Carne pura und kosteten 26 Pf.; neben dem Eiweiß wurden in dieser Portion nur noch 4 g Fett geliefert. Das Präparat war demnach durchaus nicht billiger, wie manche einheimische Präparate, war aber selbstverständlich dem Geschmack außerordentlich viel weniger angepaßt, wie die letzteren. — Genau das gleiche gilt von den zahlreichen im Inland hergestellten eiweißreichen Präparaten, z. B. Tropon. Auch bei diesem erscheint das Eiweiß nur relativ billig, wenn man mit reinem fettfreien Rindfleisch vergleicht; nicht aber wenn man die für die Volksernährung wirklich in Betracht kommenden billigen heimischen Fleisch-, Fisch- und Milchpräparate als Maßstab nimmt. Und dabei fehlen dem Tropon völlig die angenehmen Geschmacksreize dieser Nahrungsmittel.

Besonders wichtig ist die richtige Anwendung der in vorstehendem entwickelten Ernährungsgrundsätze bei der Kost in öffentlichen Anstalten, in welchen der einzelne nicht entsprechend seinem individuellen Bedürfnis und geleitet von einem im allgemeinen zuverlässigen Instinkt seine Kost wählen darf, sondern wo er auf die von der Aufsichtsbehörde zugeteilte und von dieser als ausreichend erkannte Durchschnittskost angewiesen ist.

In der verantwortlichen Lage, in welcher sich hier die Aufsichtsbehörde befindet, ist genaueste Berücksichtigung der einzelnen Anforderungen an eine Normalkost, insbesondere an ausreichenden Nährwert der Kost und an eine entsprechende Abwechslung der Geschmacksreize, durchaus notwendig. Die Ausführung ist indes um so schwieriger, als der Preis der Kost gewöhnlich auf einer außerordentlich niedrigen Stufe gehalten werden muß und daher nur ein für kleinere Individuen und für mäßige Arbeitsleistung geltender Kostsatz zugrunde gelegt wird. Ein gewisser Ausgleich der sehr verschiedenen Ansprüche hat so viel als möglich durch eine individuell variierte Zukost zu erfolgen. In der Armee sind nur wenige, welche nicht in der Lage sind, fühlbaren Defekten ihrer Kost etwas nachzuhelfen; und auch in den Gefangenenanstalten kann teils durch Verordnungen des Anstaltsarztes, teils durch eine aus dem Erlös der Arbeit beschaffte Zukost einem individuellen Mehrbedarf Rechnung getragen werden.

In folgendem seien einige Kostsätze aus öffentlichen Anstalten als Beispiele angeführt:

1. Kost im Münchener Waisenhause.

Täglich im Durchschnitt 275 ccm Milch, 97 g Fleisch, 243 g Brot, 162 g Kartoffeln, 97 g Gemüse; und darin:

79 g Eiweiß, 37 g Fett, 247 g Kohlehydrate.

2. Deutsche Armee.

a) Kleine Friedensportion; bietet im Mittel 103 g Eiweiß, 21 g Fett, 501 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot, 180 g Fleisch, 125 g Reis oder Graupen oder
150 g Gemüsekonserven oder
250 g Leguminosen oder
1500 g Kartoffeln.

b) Große Friedensportion; 107 g Eiweiß, 77 g Fett, 511 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot, 250 g Fleisch oder 200 g Speck, 25 Salz, 15 g gebr. Kaffee,
125 g Reis oder
125 g Graupen oder
250 g Leguminosen oder
1500 g Kartoffeln.

c) Kriegsportion; 135,3 g Eiweiß, 39 g Fett, 504 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot oder	375 g Fleisch oder	125 g Reis od.	25 g Salz, 25 g gebr. Kaffee.
500 g Zwieback,	200 g Rauchfleisch od.	125 g Graupen	
	200 g Fleischkonserven.	usw.	

d) Eiserner Bestand, d. h. die Ration, welche für jeden Soldaten in Kriegs- und Manöverzeiten stets mitzuführen ist, und die aus einer haltbaren, kompendiösen, möglichst leichten und rasch zuzubereitenden Nahrung bestehen muß. Der eiserne Bestand soll pro Tag 29 g Eiweiß, 130 g Fett und 270 g Kohlehydrate enthalten, z. B. in Form von: 150 g Gemüse- oder Fleischgemüsekonserven (Erbswurst), 250 g Eier- oder Feldzwieback, 25 g Kaffee, 25 g Salz. Oder: 400 g Fleischzwieback, 200 g Fleischgemüsekonserven, 25 g gebr. Kaffee und 25 g Salz.

3. Gefangenenkost.

Die tägliche Kost enthält:

in den preußischen Strafanstalten, alter Etat:	110 g Eiw.,	25 g Fett,	677 g K.
„ „ „ „ neuer „	100 g „	50 g „	553 g „
im Gefängnis Plötzensee	117 g „	32 g „	597 g „

und zwar in Form von 625—650 g Brot, 30—43 g Fleisch; im übrigen Kartoffeln, Leguminosen, abgerahmte Milch, Hering usw.

4. Volksküchen.

Die Mittagsmahlzeit, die in Volksküchen gereicht wird, soll, entsprechend den S. 182 mitgeteilten Zahlen, im Mittel enthalten:

40—50 g Eiweiß, 30 g Fett, 160 g Kohlehydrate.

In den Berliner Volksküchen werden für den Preis von 25 Pf. beispielsweise verabreicht:

a) Gelbe Erbsen und Kartoffeln, 1000 g; Speck 50 g; darin:
55·5 g Eiweiß, 41 g Fett, 120 g Kohlehydrate.

b) Milchreis, 1000 g; Schmorfleisch 100 g; und darin:
38 g Eiweiß, 18 g Fett, 120 g Kohlehydrate.

c) Kohl und Kartoffeln, 1000 g; Schweinefleisch 100 g; und darin:
39 g Eiweiß, 68 g Fett, 163 g Kohlehydrate.

d) Grüne Bohnen, 1000 g; fettes Schweinefleisch oder Speck 60 g; und darin:

20 g Eiweiß, 53 g Fett, 133 g Kohlehydrate.

Das Minus an Fett und Eiweiß, das an einzelnen Tagen hervortritt, wird durch ein Plus dieser Nährstoffe an andern Tagen ungefähr ausgeglichen. Im Mittel werden 35 g Eiweiß, 20 g Fett und 180 g Kohlehydrate, von letzteren also etwas zu viel, von ersterem etwas zu wenig geliefert.

Literatur: C. v. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung, Leipzig 1881. — Forster, Ernährung und Nahrungsmittel, Handbuch der Hygiene von v. Pettenkofer und v. Ziemssen, Teil 1. — Massenernährung, ebendas., Teil 2, 1882. — Rubner, Lehrbuch der Hygiene, Leipzig und Wien 1900. — König, Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 5. Aufl. — Munk und Uffelmann, Die Ernährung des gesunden und kranken Menschen, Wien und Leipzig, 2. Aufl. 1895. — Voit, Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten, München 1877. — Meinert, Wie ernährt man sich gut und billig? Berlin 1882. — Meinert, Armee- und Volksernährung, Berlin 1880. — E. und E. Hitzig, Die Kostordnung der psychiatrischen und Nervenklinik der Universität Halle, Jena 1897.

B. Die einzelnen Nahrungsmittel.

1. Die Kuhmilch.

Im folgenden soll zunächst nur die Kuhmilch besprochen werden, wie sie als Marktwaare und als Nahrung für Erwachsene und ältere Kinder in Betracht kommt. In einem besonderen Abschnitt ist sodann die Milch als Kindernahrung zu behandeln.

Die Kuhmilch ist eine Emulsion von Fett in einer Lösung von Eiweiß, Zucker und Salzen. Normalerweise zeigt sie gelblichweiße Farbe, ist schon in dünnen Schichten undurchsichtig, hat einen eigentümlichen Geruch, leicht süßlichen Geschmack und amphotere Reaktion (gleichzeitig schwach alkalisch und schwach sauer). Im

mikroskopischen Präparat erscheint sie erfüllt von zahlreichen Fetttröpfchen verschiedener Größe. Die chemische Analyse ergibt im Mittel folgende Zusammensetzung:[1] spez. Gewicht: 1029—33; Wassergehalt: 87,75 Prozent, schwankend von 86,0—89,5 Prozent; 3·5 Prozent Eiweiß, darunter 2·9 Prozent Kaseïn (in Kalkverbindung, mit 1,5 Prozent CaO), 0·5 Prozent Lactalbumin, Spuren von Lactoglobulin; 3·5 Prozent Fett; 4·6 Prozent Zucker und 0·75 Prozent Salze. Das Kaseïn befindet sich nicht eigentlich in gelöstem, sondern in nur gequollenem Zustande. — Der frischen rohen Milch kommt eine geringe bakterizide Kraft zu, die allerdings nur wenigen Bakterienarten gegenüber (Cholera, Typhus) nachweisbar ist, während sie z. B. den Coliarten gegenüber nicht deutlich hervortritt. Als wirksame Schutzvorrichtung des Körpers kommt diese Eigenschaft kaum in Betracht. — Dagegen kann die Milch bei hochgradig mit Toxinen immunisierten Tieren größere Mengen von spezifischen Antitoxinen enthalten (Diphtherie, Tetanus). Bei anderen als toxisch wirkenden parasitären Krankheiten ist dagegen ein zur Schutzwirkung geeigneter Gehalt der Milch an Antikörpern nicht beobachtet (vgl. Kap. IX).

Wie bei allen tierischen Sekreten kommen auch bei der Milch bedeutende Schwankungen in der chemischen Beschaffenheit vor; diese sind abhängig einmal von der Rasse und Individualität, dann von der Zeitdauer der Laktation, von der Tageszeit usw. Ganz bedeutende Differenzen resultieren ferner aus der Fütterung. Die Landwirte unterscheiden namentlich zwischen der Fütterung mit frischem Gras und auf der Weide, und andererseits der sogenannten Trockenfütterung (Heu, Gerstenschrot, Roggenkleie, Runkelrüben). Bei ersterer wird die Milch wasserreicher und zeigt überhaupt bedeutende Schwankungen, Trockenfutter dagegen liefert die gehaltreichste und gleichmäßigste Milch. Ferner ist auch die Zusammensetzung der Nahrung, der Gehalt derselben an Eiweiß usw. von Einfluß. Manche aromatisch riechende und schmeckende Stoffe des Futters gehen leicht in die Milch über und können sie widerlich machen, so namentlich Schlempe und Rübenschnitzel. — Eine eigentümlich starke Verschiedenheit ergibt sich noch für die einzelnen Melkportionen; die erste Portion ist immer bedeutend — um das zwei- bis dreifache — fettärmer als die letzte, während Eiweiß und Zucker weniger Schwankungen zeigen.

Trotz dieser Differenzen bietet die zum Markt gebrachte Milch im ganzen doch eine gleichmäßige Zusammensetzung dar, namentlich innerhalb der gleichen Jahreszeit. Es rührt dies wesentlich daher, daß

---

[1] Die Zusammensetzung der Milch anderer Tiere s. in der Tabelle S. 184.

die zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Kühen gewonnene Milch vor dem Transport gemischt wird. Es lassen sich daher sehr wohl Durchschnittsziffern aufstellen, so daß man berechtigt ist, jede Milch zunächst als verdächtig anzusehen, welche erheblich von diesem Mittel abweicht.

Die Ausnutzung der in der Milch gebotenen Nährstoffe ist eine relativ gute, wenn auch weniger gut als die des Fleisches. Das Eiweiß wird zu mindestens 90 Prozent, das Fett zu etwa 95 Prozent, die Salze zu 50 Prozent, der Zucker vollständig resorbiert. Bei Kindern ist die Ausnutzung eine noch bessere (s. unten).

Demnach stellt die Milch ein vorzügliches Nahrungsmittel dar, das bei kleinen Kindern zur vollen Ernährung ausreicht, bei Kindern vom zweiten Jahre an und bei Erwachsenen eine rationelle Ernährung sehr wesentlich unterstützt. Zu ausschließlicher Ernährung Erwachsener ist die Milch nicht geeignet, weil selbst in der schwer resorbierbaren Menge von 4 Litern kaum genügend Kalorien vorhanden sind.

Die Milch ist als Nahrungsmittel um so bedeutungsvoller, als sie für sehr billigen Preis das sonst so schwer zu beschaffende Eiweiß und Fett gewährt (vgl. die Tabelle S. 188).

Der billige Preis erklärt sich indes daraus, daß die Milch eine Reihe von Nachteilen aufweist, die ihre Verwendbarkeit beeinträchtigen. Einmal geht sie außerordentlich rasch unter dem Einfluß von Mikroorganismen Zersetzungen ein, die sie zum Genuß ungeeignet machen; zweitens ist kein anderes Nahrungsmittel so leicht zu fälschen und im Nährwert zu verschlechtern als gerade die Milch; drittens ist sie zur Verbreitung pathogener und infektiöser Bakterien und eventuell von Giftstoffen besonders disponiert. — Auf diese drei hygienisch wichtigen Nachteile der Milch ist im folgenden näher einzugehen.

a) Die Zersetzungen der Milch.

Die Veränderungen, welche die frisch gemolkene Milch allmählich durchmacht, bestehen 1) darin, daß bei ruhigem Stehen die Milchkügelchen an die Oberfläche steigen und dort die Rahmschicht bilden. Diese erscheint nach 24 Stunden als dicke, feste Decke, die sich abheben läßt. Man erhält dadurch im Gegensatz zur ursprünglichen „Vollmilch“ 2 Teile, den Rahm und die „abgerahmte Milch“ oder „Magermilch“, welche letztere je nach der Vollständigkeit des Aufrahmens mehr oder minder fettfrei ist; werden Zentrifugen zum Entrahmen benutzt, so verbleiben nur etwa 0·15 Prozent Fett in der Magermilch.

2) Bei längerem Stehen der Milch beobachtet man sodann, daß auf der Oberfläche ein weißlicher, pilziger Überzug sich etabliert. Dieser besteht im wesentlichen aus Oidium lactis (s. Kap. IX). Gleichzeitig entwickeln sich in der Flüssigkeit unter dem Rahm zahlreiche Bakterien, am schnellsten bei einer Temperatur von 25—30°. Am üppigsten pflegen sehr verbreitete Arten zu wuchern, die man schlechthin als Milchsäurebakterien bezeichnet.

Am meisten beteiligt ist das Bacterium acidi lactici, ein unbewegliches ovales Stäbchen, aërob und anaërob, am besten bei 32—38° wachsend, Rechtsmilchsäure ohne Gasentwicklung liefernd. Nur aërob wachsen B. ac. lactici und B. acidi laevolactici; bilden Linksmilchsäure. Bei Temperaturen über 40° wachsen am besten Microc. ac. lact. (Rechtsmilchsäure) und der B. ac. lact. — Auch zahlreiche andere Bakterien (z. B. Kolibazillen) bilden gelegentlich Milchsäure.

Durch diese Bakterien wird der Milchzucker vergoren, so daß freie Milchsäure (durch einige Arten außerdem gasförmige Produkte) entsteht. Ist etwa 0·2 Prozent Milchsäure gebildet, so tritt Gerinnung des Kaseïns ein, der untere Teil der Milch scheidet sich damit wieder in 2 Abschnitte, in den Käse und das Serum (Molke). Ersterer enthält gewöhnlich die Reste von Fett eingeschlossen, so daß das Serum nur noch Milchzucker, Salze und Albumin aufweist. — Sehr häufig kommt es übrigens vor, daß Bakterien die Oberhand gewinnen, welche keine saure Reaktion, aber trotzdem beim Erwärmen Kaseïngerinnung bewirken; letztere erfolgt dann durch ein labähnliches Ferment, das von zahlreichen Bakterienarten produziert wird.

3) Läßt man Milch 8—10 Tage stehen, so bekommt sie ein verändertes Ansehen; es entwickelt sich Gestank nach Buttersäure und es entsteht reichliches Gas (Wasserstoff); zuweilen wird gleichzeitig das Kaseïn peptonisiert. Alsdann sind Buttersäurebazillen in den Vordergrund getreten. Die meisten beteiligten Arten sind Anaëroben, teils beweglich, teils unbeweglich, bewirken Buttersäuregärung aus dem Milchzucker und liefern daneben oft reichlich Milchsäure. — Will man die reine Wirkung der Buttersäurebazillen ohne die Milchsäuregärung zur Anschauung bekommen, dann muß man die Milchsäurebakterien abtöten. Es gelingt dies meist durch $^1/_2$stündiges Erhitzen der Milch auf 100°. Die Sporen der Buttersäurebazillen bleiben bei dieser Behandlung am Leben; werden die Flaschen mit der erhitzten Milch dann fest verschlossen und bei einer Temperatur zwischen 30 und 35° gehalten, so ist binnen 20 Stunden die Milch in lebhafter Buttersäuregärung.

4) Hält man die durch Erhitzen von Milchsäurebakterien befreite Milch in offenen Gefäßen bei 30—40°; oder kocht man die Milch

vorher mindestens eine Stunde lang, so daß auch die Sporen der Buttersäurebazillen abgetötet sind, dann wird wieder eine andere Gruppe von Bakterien und eine andere Zerlegung bemerkbar. Die Milch verändert sich nunmehr äußerlich wenig, das Kasein gerinnt nicht, sauere Reaktion fehlt oder ist geringfügig. Daß solche Milch überhaupt von Bakterien erfüllt und zersetzt ist, sieht man nur daran, daß sich unter der Rahmschicht langsam eine transparente Zone ausbildet, die allmählich breiter wird. Die Milch gibt dann deutliche Peptonreaktion; gleichzeitig ist der Geschmack bitter und kratzig geworden. — Diese langsame Zersetzung wird durch Bakterien aus der Gruppe der Heubazillen bewirkt. Die Sporen derselben sind gleichfalls sehr verbreitet; sie vertragen 1—6stündige Erhitzung auf 100°. Unter den häufig vorkommenden Heubazillen der Milch wurden mehrere Arten gefunden, deren Reinkultur in Milch toxische Wirkungen ausübt (s. unten).

Alle die beschriebenen Phasen des Bakterienlebens lassen sich mit geringfügigen Abweichungen in jeder Milch beobachten; die betreffenden Bakterien sind offenbar überall verbreitet. Teils entstammen dieselben den Ausführungsgängen der Euter, in denen sich Massen von Bakterien zwischen den Melkzeiten zu entwickeln pflegen; teils gelangen sie durch Kuhexkremente in die Milch; fast jede Milch läßt nach dem Absitzen sogar makroskopisch eine Beimengung von Kuhexkrementen erkennen. Auch die zum Sammeln der Milch dienenden Eimer und Gefäße, die Hände des Melkenden, die in die Milch fallenden Fliegen, der Heustaub, der beim Verfüttern trockenen Heus oft in Massen die Luft erfüllt, sind Quellen der Milchbakterien. — Neben diesen „normalen" Bakterien der Milch kommen noch zahlreiche andere Arten mehr oder weniger häufig vor; so z. B. Streptokokken, die nach Herkunft und Wirkung sehr verschieden, oft aber nicht unbedenklich sind (s. unten), ferner „säurefeste" Bazillen, die im Kuhkot und andererseits im Rahm und Butter leicht zu finden und vielfach nachgewiesen sind (vgl. Kap. IX).

Wird der Inhalt der Eutergänge zu Anfang jedes Melkens entfernt und nicht mit in den Eimer gebracht, wird der Euter sorgfältig gereinigt, der Schwanz der Kuh festgebunden, werden Hände und Gefäße völlig sauber gehalten und wird das Heu nur in angefeuchtetem Zustand in den Stall gebracht, um Heubazillen-haltigen Staub zu vermeiden, so kann eine nahezu sterile, außerordentlich bakterienarme Milch gewonnen werden.

Zuweilen kommen Abweichungen von den üblicherweise in der Milch ablaufenden Zersetzungen vor, und zwar dadurch, daß weniger verbreitete

Bakterienarten zufällig in größerer Menge in die Milch gelangen und dort die Oberhand gewinnen, so z. B. die Bazillen der blauen Milch, welche ein Chromogen produzieren, das bei Luftzutritt und saurer Reaktion dunkelblau wird. Sind diese Bazillen in einer Milchkammer erst einmal zur Entwicklung gelangt, so befallen sie dort immer wieder neue Vorräte, bis sie durch gründliche Desinfektion des Raumes und der Gefäße vernichtet sind. — Zuweilen tritt rote oder gelbe Milch auf durch Wucherung anderer Bakterienarten, zuweilen schleimige fadenziehende, in anderen Fällen bittere Milch. Alle diese abnormen Bakterienansiedelungen haben nicht gerade direkte hygienische Bedeutung, aber machen die Milch wegen der starken Veränderung ihres Aussehens oder Geschmacks unverkäuflich.

b) Die Fälschungen der Milch.

Die Fälschung besteht gewöhnlich im Entrahmen oder im Wasserzusatz oder in einer Kombination von beiden Manipulationen. Solche teilweise entfettete und verdünnte Milch hat natürlich einen entsprechend geringeren Nährwert. Außerdem können durch den Wasserzusatz Infektionserreger in die Milch gelangen. — Andere Fälschungen, z. B. Zusatz von Stärke, Dextrin, Gips, Gehirn usw., sind nur Curiosa ohne größere Bedeutung. Dagegen werden der Milch sehr häufig Konservierungsmittel zugefügt, welche bestimmt sind, die Milch länger haltbar zu machen. Der Händler wendet aber diese Mittel gewöhnlich dann an, wenn schon ein gewisser Bakterienreichtum der Milch vorhanden ist und die bald zu erwartende äußerlich sichtbare Veränderung der Milch, die Gerinnung, noch eine Zeitlang hinausgeschoben werden soll. Zu diesem Zweck wird am häufigsten Soda oder Natron bicarbonicum oder Borax benutzt. Alle diese Mittel hindern aber das Bakterienleben in der Milch in keiner Weise, dasselbe wird im Gegenteil eher begünstigt, und lediglich die Entwicklung freier Säure und damit die Gerinnung wird (übrigens auch nur für sehr kurze Zeit) verzögert. Diese Mittel sind also ganz besonders gefährlich, weil sie nur das äußere Kennzeichen einer schlechten Beschaffenheit der Milch verdecken, während sie dagegen Zahl und Arten der Bakterien nicht vermindern. — Sehr häufig wird im Hochsommer die Milch in den Handlungen aufgekocht, ehe der Säuregrad bis zur Gerinnung der Milch gesteigert ist. Auch dadurch wird eine zu lange oder unzweckmäßige Aufbewahrung und infolgedessen eine intensive Zersetzung der Milch nur verschleiert, und das Bakterienleben oft derartig verschoben, daß gerade die bedenklicheren Zersetzungserreger bei fortgesetzt unzweckmäßiger Aufbewahrung in den Vordergrund gelangen. — Borsäure zeigt so gut wie gar keine konservierende Wirkung. Besseren Effekt haben Salizylsäure (0·75 p. m.), Formalin (0,2 p. m.) und Wasserstoffsuperoxyd (2·0 p. m.), welche

die Entwicklung der Bakterien kräftig hemmen, ohne den Geschmack der Milch zu sehr zu alterieren. Wasserstoffsuperoxyd tötet sogar in der angegebenen Konzentration die meisten saprophytischen und pathogenen Bakterien. Durch mäßiges Erwärmen oder durch Zusatz tierischer Fermente kann das Wasserstoffsuperoxyd wieder zerlegt werden, so daß es in der Milch nicht nachweisbar bleibt. — Alle derartige Konservierungsmittel der Milch dürfen indes nicht geduldet werden, weil sie bei anhaltendem Genuß keineswegs als indifferent, insbesondere für den kindlichen Organismus, anzusehen sind, und weil selbst das H_2O_2 in praxi nicht zuverlässig genug wieder beseitigt werden würde.

c) Krankheitserreger und Gifte der Milch.

Die gewöhnlichen, bei Temperaturen unter 24° gewucherten Saprophyten der Milch scheinen selbst in großer Menge unschädlich zu sein. Die in den Milchstuben geronnene Milch, ebenso Kephir und ähnliche Präparate, welche enorme Mengen von Milchsäurebakterien enthalten, werden im allgemeinen ohne Nachteil ertragen. — Auch der Mehrzahl der Buttersäurebazillen scheint keine erheblichere schädigende Wirkung zuzukommen; dieselben finden sich in jedem menschlichen Darm, fast in jedem Wasser usw.

Nicht unbedenklich erscheinen dagegen einige Arten aus der Heubazillengruppe, welche heftige Giftwirkung veranlassen. Verfüttert man Milch, die eine Reinkultur dieser Bazillen enthält, an junge Hunde oder Meerschweinchen, so erkranken dieselben schon nach wenigen Stunden an profusen Durchfällen und gehen nach 4—6 Tagen zugrunde. Das Toxin ist in der Leibessubstanz der lebenden Bazillen enthalten; Filtrate oder abgetötete Kulturen sind unwirksam. — Diese Bazillen sind gegenüber dem empfindlichen Organismus des Kindes vermutlich nicht indifferent und möglicherweise bei einem Teil der im Hochsommer verkommenden akuten Darmkrankheiten der Säuglinge beteiligt.

Nicht selten werden ferner durch die Milch die Erreger menschlicher Infektionskrankheiten verbreitet. Kommt in einer Milchwirtschaft ein solcher Krankheitsfall vor, so vollzieht sich die Übertragung der Infektionserreger auf die Milch teils dadurch, daß die mit dem Kranken, dessen Wäsche usw. beschäftigten Personen, selbst wenn sie sich nach ihrer Meinung gründlich reinigen, Infektionserreger an den Händen behalten, und in die Milch bringen, wenn sie nachher mit dieser hantieren; teils durch das Wasser eines infizierten Brunnens gelegentlich der Spülung der Gefäße oder der Fälschung der Milch.

Die auf die Weise in die Milch gelangten pathogenen Bakterien finden dort einen guten Nährboden und können sich in sterilisierter Milch, meist ohne jede sichtbare Veränderung derselben, lebhaft vermehren. In der nicht sterilisierten, natürlichen Milch ist allerdings die Vermehrung dieser Bakterien durch die Konkurrenz mit den gewöhnlichen Milchsaprophyten einigermaßen erschwert, und namentlich die Säureproduktion der letzteren hemmt die Entwicklung der meisten pathogenen Arten. Jedoch werden dieselben mindestens längere Zeit konserviert. — In manchen Fällen werden die Übertragungen vom Molkereipersonal direkt oder durch Vermittlung der Gefäße usw. ausgehen.

Zahlreiche Erfahrungen zeigen, daß in der Tat Infektionen durch Milch häufig stattgefunden haben. In einer Anzahl von Typhus-, Cholera-, Diphtherie- und Scharlachepidemien konnte die Milch mit Bestimmtheit als Vehikel der Keime angeschuldigt werden, weil der Versorgungsbezirk einer bestimmten Milch sich genau mit der Ausbreitung der Krankheit deckte.

Weiter ist die Milch noch dadurch bedeutungsvoll, daß sie vom erkrankten Tier aus Infektionserreger auf den Menschen übertragen kann. In erster Linie ist hier die Tuberkulose zu nennen, die Perlsucht des Rindviehs. Man darf annehmen, daß in städtischen Milchwirtschaften mehr als 10 Prozent der Kühe tuberkulös sind; sie häufen sich dort, weil tuberkulöse Kühe nicht konzipieren und nicht fett werden, und deshalb aus den auf Tierzucht oder Mast eingerichteten ländlichen Wirtschaften möglichst ausrangiert werden. Etwa die Hälfte der tuberkulösen Kühe liefert, auch wenn keine Erkrankung des Euters bemerkbar wird, eine Tuberkelbazillen-haltige Milch. — Betreffs den neuerdings aufgetauchten Zweifel an der Identität der Erreger der menschlichen Tuberkulose und der Perlsucht s. Kap. IX.

Ferner wird in seltenen Fällen die Maul- und Klauenseuche der Rinder auf den Menschen übertragen. Einzelne Kinder erkranken nach dem Genuß frischer Milch von solchen Kühen unter Fieber, Verdauungsstörungen und bekommen einen Bläschenausschlag auf Lippen und Zunge, zuweilen an den Händen. — Ob Milzbrand und Wut durch Milch auf Menschen übergehen können, ist zweifelhaft. — Wiederholt sind von Kühen, die an Mastitis erkrankt waren, Streptokokken durch die Milch übertragen, welche Darmkatarrhe veranlaßt haben. Auch die Erreger von Enteritis der Kühe können zweifellos durch Infektion der Milch mittels Kuhkotteilchen auf Menschen übergehen.

Von Giften kommen anscheinend hauptsächlich Colchicin, viel-

leicht auch die Gifte von Hahnenfuß, Dotterblumen usw. in Betracht, die mit dem Futter aufgenommen werden und Darmaffektionen bei Kindern veranlassen können. Auch das Solanin verdorbener Kartoffeln, ferner gewisse Medikamente gehören möglicherweise hierher.

Die prophylaktischen Maßregeln gegen die aus dem Milchgenuß erwachsenden Gefahren bestehen 1) in der Kontrolle der Marktmilch, 2) in der Überwachung der Milchwirtschaften, 3) im Präparieren der Milch im großen Maßstabe vor dem Verkauf derselben, 4) im Präparieren der Milch durch den einzelnen nach dem Kauf.

1. Die Untersuchung und Kontrolle der Milch.

Eine normale Milch soll keinerlei Fälschung oder Zusatz erfahren haben, frisch und unzersetzt sein und keine Krankheitserreger enthalten. Die Kontrolle kann zunächst Fälschungen dadurch erkennen oder ausschließen, daß sie a) das spezifische Gewicht ermittelt (dasselbe schwankt bei normaler Milch zwischen 1029 und 1033; der Trockenrückstand beträgt mindestens 10·5 Prozent); b) durch die Fettbestimmung; normale Milch enthält mindestens 2·7 Prozent Fett; c) durch Auffindung von Nitraten, die in normaler Milch fehlen und deren Anwesenheit auf einen Zusatz von Brunnenwasser deutet; d) durch den Nachweis konservierender Zusätze.

Zweitens ist es Aufgabe der Kontrolle, nachzuweisen, daß die Milch unzersetzt und vom völligen Verderben noch hinreichend weit entfernt ist.

Drittens ist auf pathogene Bakterienarten und auf Gifte zu untersuchen.

a) Die Bestimmung des spezifischen Gewichts: Zwei Komponenten wirken auf eine Abweichung des spezifischen Gewichts der Milch von dem des Wassers. Eiweiß, Zucker, Salze machen die Milch schwerer, das Fett dagegen leichter; das Gesamtresultat ist, daß sie immer schwerer ist als Wasser, aber um so weniger, je mehr Fett oder je mehr Wasser vorhanden ist. Hohes spezifisches Gewicht kann durch Reichtum an festen Bestandteilen und Wasserarmut, ebensowohl aber auch durch Fettmangel bedingt sein; niedriges spezifisches Gewicht durch abnorme Verdünnung mit Wasser oder durch Fettreichtum. Abrahmen und nachfolgender Wasserzusatz läßt daher das ursprüngliche spezifische Gewicht der Milch eventuell wieder hervortreten. Weiß der Fälscher, daß das spezifische Gewicht kontrolliert wird, so kann er in der Tat in der Weise verfahren, daß er durch Abrahmen

und Wasserzusatz eine stark gefälschte Milch von normalem spezifischen Gewicht liefert. Indes gehört zu dieser Manipulation Zeit und Sorgfalt, und für gewöhnlich weicht jede gefälschte Milch, entrahmte oder gewässerte, von dem durchschnittlichen spezifischen Gewicht ab. In vielen Fällen wird man daher durch die Bestimmung des spezifischen Gewichts allein die Fälschung entdecken, wenn es auch immerhin sicherer ist, daneben die Fettbestimmung auszuführen.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts benutzt man Aräometer (sogenannte Milchwagen, Laktodensimeter). An dem gebräuchlichsten Instrument von Quevenne-Müller finden sich an der Spindel zur Bezeichnung des spezifischen Gewichts nur zweistellige Zahlen, vor welchen die Zahlen 1·0 fortgelassen sind, also statt 1·029 nur die Zahl 29. Beim Ablesen ist das Auge in gleiches Niveau mit dem Skalenteil zu stellen; ferner ist vor der Prüfung die Milch gut durchzumischen und mit Hilfe von Tabellen eine Temperatur-Korrektion anzubringen, bzw. die Milch auf 15° zu erwärmen oder abzukühlen. — Die Grade des Müllerschen Laktodensimeters sind sehr eng und die Ablesung deshalb ungenau. Sollen die Grade größer ausfallen, so muß die Spindel dünner und leichter werden. Nach diesem Prinzip sind die neueren Instrumente von Soxhlet und Apel konstruiert; ferner gibt das Recknagelsche Aräometer aus Hartgummi gute Resultate.

b) Die Fettbestimmung geschieht entweder:

Mit dem Kremometer. Man läßt die Milch 24 Stunden bei mittlerer Temperatur, 36—48 Stunden bei niederer Temperatur, stehen und liest dann die Höhe der Rahmschicht an einer Skalenteilung ab. Gute Milch liefert 10—14 Prozent Rahmschicht; 3·2 Skalenteile entsprechen ungefähr 1 Prozent Fett. Die Resultate sind oft fehlerhaft.

Oder mit optischen Methoden. Je fettreicher die Milch, um so undurchsichtiger wird sie. Darauf sind eine Reihe von Instrumenten gegründet, von denen das beste das Fesersche Laktoskop ist. In dasselbe werden 4 ccm Milch eingeblasen und dann wird allmählich Brunnenwasser zugefügt, bis schwarze Linien auf einem am Boden des Gefäßes befindlichen Milchglaszapfen eben sichtbar werden. An einer Skalenteilung liest man direkt die Fettprozente ab. — Alle optischen Methoden sind dadurch unzuverlässig, daß viel auf die Beleuchtung und das Auge des Beschauers ankommt, namentlich aber dadurch, daß die Durchsichtigkeit von der Zahl und Größe der Milchkügelchen abhängt; Milch von gleichem prozentischen Fettgehalt kann je nach der Größe der einzelnen Fetttröpfchen sehr verschieden durchsichtig sein. Außer dem Fett kommt aber auch noch das Kaseïn für die Durchsichtigkeit in Betracht.

Oder durch das Marchand-Tollenssche Laktobutyrometer. Die Milch wird mit Äther geschüttelt, dieser löst das Fett und zwar am leichtesten, wenn ein paar Tropfen Natronlauge hinzugefügt werden. Dann wird Alkohol zugemischt und man erhält nun eine Ätherfettlösung, welche oben auf dem Gemisch schwimmt. Die Höhe derselben liest man ab und entnimmt dann aus einer Tabelle, welche dem Apparat beigegeben wird, den Fettgehalt der Milch. — Bei Magermilch gibt die Methode ungenaue, bei voller Milch dagegen brauchbare Resultate. Genaueres siehe im „Anhang“.

Eine genauere Bestimmung des Fettes ist möglich mit Hilfe des Soxhletschen Verfahrens, bei welchem man das spezifische Gewicht des Ätherextraktes der Milch zu bestimmen sucht. 200 ccm Milch werden mit 10 ccm Kalilauge und 60 ccm Äther kräftig geschüttelt. Nach einer Viertelstunde wird die oben angesammelte Ätherfettlösung in ein Glasrohr gebracht, das außen von einem Kühlrohr umgeben ist und mit Hilfe dessen stets die genau gleiche Temperatur von $17^1/_2{}^0$ hergestellt wird. In der Ätherfettlösung läßt man dann ein Aräometer schwimmen und bestimmt deren spezifisches Gewicht. Mittels einer Tabelle findet man aus dieser Ablesung den Fettgehalt.

Ferner gelingt die Fettbestimmung schnell und für praktische Zwecke hinreichend sicher mittels des Gerberschen Butyrometers. In besonders konstruierten, an einer Stelle zu einer graduierten Röhre verjüngten Glaßgefäßen wird die Milch (11 ccm) mit konzentrierter Schwefelsäure und etwas Amylalkohol versetzt; es entsteht eine Lösung aller Stoffe, aus welcher sich durch Zentrifugieren auf einer kleinen Handzentrifuge (Laktokrit) die Fettlösung so abscheidet, daß ihr Volum an der Teilung des graduierten Rohrs abgelesen werden kann.

c) Nachweis von Nitraten und Zusatz von Brunnenwasser.

Die Milch wird durch Zusatz von Essigsäure oder Chlorkalziumlösung (pro 100 ccm Milch 1·5 ccm einer 20 prozentigen Lösung) und Kochen koaguliert, und das Filtrat tropfenweise einer Lösung von Diphenylamin in konzentrierter Schwefelsäure zugefügt.

d) Konservierungsmittel.

Die alkalisch reagierenden (Soda, Natr. bic., Borax) erkennt man am einfachsten daran, daß sie die Milch nach 1—2stündigem Kochen dunkelgelb bis braun färben. — Ferner deutet Rosafärbung nach Zusatz von Alkohol und einigen Tropfen Rosolsäure auf alkalische Beimengungen. — Salizylsäure ist durch die Violettfärbung, die einige Tropfen Eisenchlorid in der Milch hervorrufen, Wasserstoffsuperoxyd durch die Bläuung von Jodkaliumstärkepapier leicht zu erkennen. — Um gekochte Milch nachzuweisen, übersättigt man die Milch mit Kochsalz, erwärmt auf 30—40°, filtriert und prüft im Filtrat, ob noch durch Kochen gerinnendes Albumin vorliegt. — Auch muß rohe Milch auf Zusatz von Guajaktinktur, oder von H_2O_2 und Jodkaliumstärke Blaufärbung zeigen.

Um die Zersetzung der Milch zu erkennen, kann man 1) gleiche Volumina Milch und 70prozentigen Alkohol mischen; zersetzte Milch gerinnt. — 2) Zur genaueren Feststellung des Grades der Zersetzung ist die von Soxhlet angegebene Titrierung des Säuregrades zu verwenden. 50 ccm Milch werden mit Phenolphtaleïn versetzt, und dann mit $^1/_4$ Normalnatronlauge titriert bis zur Rotfärbung. Für Verkaufsmilch, welche keine zu lange „Inkubationszeit" hinter sich hat bzw. nicht zu warm aufbewahrt war, findet man etwa 3·5 ccm Verbrauch von Natronlauge. Die Anzahl ccm $^1/_4$ Normalnatronlauge, welche zur Neutralisation von 100 ccm Milch erforderlich sind, bezeichnet man als „Säuregrade"; zulässig sind also noch 7 Säuregrade.

— 3) Nicht selten tritt bei einer bakterienreichen Milch die saure Reaktion zurück, zumal wenn die Milch, wie es im Hochsommer häufig geschieht, aufgekocht und dann bei hoher Temperatur aufbewahrt war. Die unter diesen Umständen entwickelten Bazillen (darunter die Heubazillen) produzieren wenig Säure, statt dessen aber Labferment, und dieses bringt die Milch beim Erwärmen zum Gerinnen. Sicherer ist daher die Feststellung der Bakterienzahl, die durch Gelatineplatten mit $^1/_{1000}$, und $^1/_{10}$ Tropfen Milch und Zählung der Kolonien leicht gelingt. Reinlich behandelte ganz frische Milch enthält im Mittel höchstens 2000—3000 Keime in 1 ccm; deutliche Zunahme ist erst nach 4—5stündigem Aufenthalt der Milch bei 20—25° zu bemerken. Ein Gehalt von mehr als 100000 Keimen in 1 ccm deutet auf längere unzweckmäßige Aufbewahrung der Milch oder starke Bakterieneinsaat und zeigt an, daß die Milch nur kurze Zeit von dem Stadium der vollständigen Zersetzung und Gerinnung entfernt war.

Eine Prüfung auf pathogene Arten von Bakterien durch Kultur wird in den meisten Fällen vergeblich sein. Perlsuchterreger sind zuweilen durch Überimpfung eines Gemenges aus Rahm und Bodensatz der Milch auf Meerschweinchen nachzuweisen. — Für die Auffindung von Futtergiften bestehen gleichfalls keine praktisch verwendbaren einfachen Methoden.

Zu einer Kontrolle auf dem Markte und in den Verkaufsläden wird nur die Aräometerprobe und höchstens noch das Fesersche Laktoskop benutzt. Ist das spezifische Gewicht abnorm, so wird der weitere Verkauf der Milch einstweilen inhibiert und eine Probe im Laboratorium mittels des Gerberschen Butyrometers oder der Soxhletschen Methode auf den Fettgehalt geprüft. Wird hierdurch eine zu niedrige Fettmenge oder im Verein mit der Aräometerprobe ein zu hoher Wassergehalt erwiesen, so ist die betreffende Milch unter allen Umständen als minderwertig zu konfiszieren, nebenbei die Herkunft, Anzahl der Kühe usw. sorgfältig zu notieren. Es fragt sich dann aber noch, ob eine Fälschung vorliegt, die nach dem Nahrungsmittelgesetz streng bestraft wird, oder ob etwa die abnorme Beschaffenheit der Milch durch die Art der Fütterung bedingt ist.

Zu diesem Zweck wird eine weitere Probe der Milch der genaueren Analyse unterworfen. Ergibt sich daraus mit Sicherheit die Fälschung, so wird die Bestrafung erkannt oder Anklage erhoben. Ist auch nach der genauen Analyse die Einrede möglich, daß mangelhafte Fütterung die Ursache der Abweichung sei, so ist eventuell die „Stallprobe" vorzunehmen. Dieselbe soll mindestens innerhalb dreier Tage nach der Konfiskation, ohne daß inzwischen die Fütterung der Tiere geändert ist, ausgeführt werden und zwar in der Weise, daß alle beteiligten Kühe gut ausgemolken, die Milch gemischt und dann untersucht wird. Dieselbe darf höchstens um 2 Grad im spezifischen Gewicht, um 0·3 Prozent Fett von der beanstandeten Milch abweichen, widrigenfalls die Fälschung als erwiesen anzunehmen ist.

Bis jetzt berücksichtigt die marktpolizeiliche Kontrolle der Milch lediglich die etwaige Fälschung. Vom hygienischen Standpunkt aus ist diese aber nicht als so bedeutungsvoll anzusehen, wie eine zu fortgeschrittene Zersetzung der Milch. Diese läßt sich mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln sehr wohl kontrollieren, und es wäre zu wünschen, daß eine solche Kontrolle neben der bisherigen Untersuchung stattfände und daß das wiederholte Vorkommen eines oder abnormen Säuregrades einer abnormen Bakterienzahl zur Bestrafung des Händlers führte. — Bezüglich der Gefahr einer Infektion oder Intoxikation vermag die Kontrolle nichts zu leisten, und wir sind in dieser Beziehung auf andere prophylaktische Maßregeln angewiesen.

2. Die Überwachung der Milchwirtschaften.

Eine Verschleppung von Perlsucht, Maul- und Klauenseuche kann dadurch teilweise gehindert werden, daß die Tiere der Milchwirtschaften in regelmäßigen Zwischenräumen von einem Tierarzt, unter Zuhilfenahme von Tuberkulininjektionen, untersucht und eventuell sofort ausrangiert werden. Neuerdings wird allerdings die Ansicht vertreten, daß es genügt, wenn nur die klinisch diagnostizierbaren Erkrankungen und namentlich diejenigen mit Eutertuberkulose ausgemerzt werden; ist die Reaktion auf Tuberkulin das einzige Symptom, so soll die Milch Übertragungen auf andere Tiere nicht bewirken können.

Um ferner die Übertragung von Typhus- und Cholerabazillen oder anderen Infektionskrankheiten zu verhüten, sind Krankheitsfälle dieser Kategorie in Milchwirtschaften mit besonderer Vorsicht zu behandeln, für Absperrung und Desinfektion ist zu sorgen, die Brunnenanlage zu revidieren und eventuell der Milchverkauf zeitweise zu verbieten.

Die Einsaat abnormer Saprophyten ist durch peinliche Reinlichkeit aller Räume und Gegenstände, die mit der Milch in Berührung kommen, zu vermeiden. Der Stall, die Euter der Kühe sind möglichst rein zu halten; die Gefäße, Milchkühler usw. sollen durch Ausscheuern mit heißer Sodalösung stets völlig frei bleiben von Milchresten, außerdem sind sie eventuell von Zeit zu Zeit nach erfolgter Reinigung mit Sodalösung auszukochen oder mit Wasserstoffsuperoxyd (1 : 200) zu desinfizieren. Die Aufbewahrungsräume sollen kühl, luftig, leicht zu reinigen und geschützt gegen Fliegen sein. Jede Unsauberkeit ist zu bestrafen.

Eine derartige Überwachung der Milchwirtschaften und Verkaufs-

lokale ist vom hygienischen Standpunkt entschieden bedeutungsvoll, aber bis jetzt selten in vollem Umfang durchgeführt.

3. Präparation der Milch vor dem Verkauf.

Teils die finanzielle Schädigung durch das leichte Verderben der Milch, teils die Gefahr der Übertragung pathogener Mikroorganismen hat zu Versuchen geführt, vor dem Verkauf der Milch die hinein gelangten Bakterien zu töten und dadurch die Milch haltbarer und frei von pathogenen Keimen zu machen.

Nachdem der Zusatz chemischer Substanzen sich als unzureichend oder bedenklich erwiesen hat, sind Kälte und Hitze als die am leichtesten anwendbaren desinfizierenden Mittel in Gebrauch gezogen.

Durch sofortiges Abkühlen der frisch gemolkenen Milch, Aufbewahren in kühlen Räumen und Transport in Eispackung läßt sich die Bakterienentwicklung in der Milch und die Zersetzung derselben beträchtlich verzögern; insbesondere wenn gleichzeitig durch die oben aufgeführten Vorsichtsmaßregeln für geringe Bakterieneinsaat gesorgt wird. Diese Mittel sollten daher in jeder Milchwirtschaft so viel als möglich Verwendung finden.

Der Effekt ist jedoch immerhin unvollkommen, zumal die Abkühlung im Mittel der ganzen Zeit bis zum Verkauf höchstens bis auf 10° gelingt; eine gewisse Vermehrung der Bakterien findet auch bei niederer Temperatur noch statt; außerdem bleiben die pathogenen Keime lebensfähig. Von Casse und Helm wird gleichwohl die Herstellung von Eismilch empfohlen; die Milch wird mittels Kaltluftmaschine gekühlt und für den Transport mit 15—30 Prozent gefrorener Milch versetzt. Für die Konservierung leistet dieses Verfahren Gutes; hygienisch einwandfrei ist aber solche Milch erst, wenn vor dem Abkühlen die pathogenen Keime durch Hitze (Pasteurisieren) abgetötet sind, oder wenn die Eismilch zunächst in Zentralmolkereien kommt, wo nachträglich pasteurisiert werden kann.

Vollkommenere Resultate namentlich gegenüber den Krankheitserregern können durch Hitze erzielt werden. Hier kommen vier Methoden in Frage:

a) Das Pasteurisieren, d. h. kurzes Erhitzen auf 65—90° und nachfolgendes rasches Abkühlen, so daß der Rohgeschmack der Milch möglichst erhalten bleibt.

Das Pasteurisieren wurde früher gewöhnlich so ausgeführt, daß man die Milch langsam über die gewölbten inneren Wandungen eines Zylinders fließen ließ, der an seiner äußeren Fläche durch Wasserdampf oder Wasser erhitzt wird. Zufluß und Abfluß ist so geregelt, daß die in ganz dünner Schicht her-

laufende Milch zuletzt auf die Temperatur von 70°, aber allerdings nur für sehr kurze Zeit, gebracht wird. Aus dem Ablauf kommt die Milch sofort in einen Kühler.

Bei solcher Behandlung der Milch geht von den Saprophyten nur ein Bruchteil zugrunde; Typhusbazillen, Tuberkelbazillen, Staphylokokken werden nicht sicher vernichtet. Die Unvollkommenheit der Wirkung beruht darauf, daß die Erhitzungsdauer zu kurz ist und daß speziell die höchste Temperatur von 60—70° nur für einen Moment einwirkt.

Die angeführten Fehler der älteren Pasteurisierapparate werden vermieden durch die Apparate mit sog. gezwungener Führung, in welchen die Milch mehrere Minuten auf der Maximaltemperatur verbleibt. Am günstigsten ist die Einwirkung von 85° zwei Minuten lang; dabei werden auch Tuberkelbazillen sicher abgetötet und der Geschmack der Milch sehr wenig verändert.

b) Partielles Sterilisieren durch Erhitzen der in bakteriendicht verschlossene Flaschen eingefüllten Milch während 30—60 Minuten auf 100—103°.

Gewöhnlich benutzt man strömenden Dampf von 100—103° und die gebräuchlichen Desinfektionsöfen, z. B. Thursfieldscher Konstruktion, denen leicht eine für die Aufnahme von Milchflaschen passende Einrichtung gegeben werden kann. Als Flaschen sind solche mit Patentverschluß (wie bei den Bierflaschen) zu $^1/_2$ oder $^1/_3$ Liter Inhalt besonders geeignet. Die Flaschen werden mit lose aufgelegtem Verschluß in den Ofen eingesetzt, dann wird erhitzt bis zur Maximaltemperatur; hat diese 5 Minuten eingewirkt, so öffnet man den Ofen, rollt den Einsatz mit Milchflaschen heraus und schließt dieselben durch Andrücken des Verschlusses. Dann schließt man den Ofen wieder und läßt die Temperatur von 100—103° noch $^1/_2$ Stunde bis 1 Stunde einwirken. — Von verschiedenen Fabrikanten sind Öfen konstruiert, in welchem der definitive Verschluß der Flaschen ohne Öffnen des Ofens vorgenommen werden kann.

Die Wirkung dieses Sterilisierens ist die, daß die Infektionserreger und die Saprophyten mit Ausnahme der Sporen der Heubazillen abgetötet werden. Letztere können bei warmer Aufbewahrung der Milch wuchern und Toxine liefern. Solche Milch ist daher kühl aufzubewahren und hat begrenzte Haltbarkeit; sie darf nicht als „keimfreie Dauermilch“ verkauft werden.

Bei längerer Aufbewahrung tritt außerdem eine Veränderung des Rahms ein, derart, daß derselbe beim Schütteln nicht mehr vollständig emulgiert wird, sondern zum Teil in große, nicht mehr zerteilbare Fetttropfen umgewandelt ist. Namentlich beim Schütteln der unvollständig gefüllten Flaschen auf dem Transport wird diese Zersetzung des Rahms begünstigt. Anhaltender Land- oder Seetransport pflegt vollständiges Ausbuttern der Milch zu veranlassen. — Für kleinere Kinder ist schon aus diesem Grunde die käufliche sterilisierte Milch nicht als gleichwertig mit der im Hause gekochten anzusehen. Ferner ist aber nach dem anhaltenden Gebrauch sterilisierter Milch bei Kindern mehrfach die Barlowsche Krankheit beobachtet, einer Art von Skorbut, dessen Ätiologie indes noch völlig dunkel ist und der man neuerdings auch bei Ernährung mit nicht sterilisierter Milch begegnet ist.

c) Vollständige Sterilisation kann erzielt werden durch etwa 6stündiges Erhitzen auf 100°; dabei wird aber die Milch braun und im Geschmack völlig verändert. Besser geeignet ist die Anwendung gespannten Dampfes von zirka 120—125°. Die Sterilisation erfolgt dann innerhalb erheblich kürzerer Zeit, und Farbe, Geruch und Geschmack werden wenig verändert.

Bei dieser fabrikmäßig hergestellten Exportmilch läßt sich auch das Ausbuttern des Rahms verhüten; entweder dadurch daß eine vollständige Füllung der Büchsen ohne jeden Schüttelraum hergestellt wird; oder noch vollkommener dadurch, daß man die Milch vor dem Sterilisieren zwischen eng an einander gelagerten Platten hindurchpreßt und sie dadurch homoganisiert, d. h. die Fetttröpfchen so zerkleinert, daß sie selbst bei langem Stehen der Milch gleichmäßig suspendiert bleiben (Natura-Milch-Gesellschaft in Waren in Mecklenburg).

d) Kondensierte Milch. Die Milch ist im Vakuum eingetrocknet bis $^1/_3$ oder $^1/_5$ ihres Volumens, dann in zugelöteten Büchsen auf 100° erhitzt. — Damit das Präparat auch nach dem Öffnen der Büchsen besser haltbar sei, wird meistens so viel Rohrzucker zugesetzt, daß keine Bakterien-Entwicklung stattfinden kann, für 1 Liter Milch zirka 80 g Zucker.

Durch rasches Eintrocknen auf heißen rotierenden Walzen wird neuerdings ein Milchpulver erzielt, das sich leicht wieder löst und unbegrenzt haltbar ist. Die Milch muß indes auch hierfür vorher homogenisiert werden. Ferner verändert sich allmählich der Geschmack des Milchfettes in störender Weise.

Die Indikationen für die Anwendung der genannten Konservierungsverfahren gehen ziemlich weit auseinander. In milchreichen Ländern ist es — ganz abgesehen von den oben bezeichneten Gefahren für kleinere Kinder — keinesfalls empfehlenswert, die partiell oder völlig sterilisierte Milch in größerem Umfang auf den Markt zu bringen, schon wegen der erheblichen Verteuerung. Mit der Veränderung der Farbe und mit dem Verlust des Geschmacks und des Geruchs der rohen Milch sind außerdem alle die Kriterien verschwunden, deren sich bisher das Publikum mit Recht bediente, um eine normale, gehaltreiche, in sauberen Stallungen gewonnene und reinlich behandelte Milch von abnormer und verschmutzter Milch zu unterscheiden.

In größerer Ausdehnung empfiehlt sich für den Markt milchreicher Länder nur das Pasteurisierverfahren, das alle jene Kriterien für die Beurteilung der Milch intakt erhält, dabei sicher vor Infektionskeimen schützt, einer übermäßigen Entwicklung von Saprophyten vorbeugt, sofern nicht eine abnorm verschmutzte und bereits halb verdorbene

Milch dem Pasteurisieren unterworfen wird, und dabei so billig ist, daß die Verteuerung weniger als 1 Pf. pro Liter Milch beträgt. — Zu beachten ist, daß beim Pasteurisieren die Heubazillen nicht vernichtet werden, daß also kühle Aufbewahrung und für Säuglinge Aufkochen vor dem Gebrauch unbedingt erforderlich bleibt.

Für die Versorgung milcharmer Länder, ferner für Reisende, für die Schiffsversorgung usw. ist die total sterilisierte homogenisierte Milch von großer Bedeutung und einstweilen weit mehr zu empfehlen wie die kondensierte Milch oder das Milchpulver. Die durch Verdünnen mit Wasser aus letzteren Präparaten hergestellte Milch steht einer gut sterilisierten Milch in Aussehen, Geruch und Geschmack erheblich nach, ist umständlich zu bereiten und zeigt in der Zusammensetzung fast stets gewisse Abweichungen von der frischen Milch.

4. Präparation der Milch nach dem Kauf.

Der einzelne kann sich gegen die aus dem Gehalt der Milch an Bakterien hervorgehenden Gefahren leicht schützen durch Kochen der Milch. Erhitzt man dieselbe 10 Minuten lang auf 97—100°, so sind alle Milchsäurebakterien, die von kranken Menschen oder Tieren stammenden Parasiten, sowie die sporenfreien Buttersäure- und Heubazillen vernichtet. Nur die Sporen der letzteren bleiben am Leben, können indes durch Kühlhalten der Milch (unter 20° C.) an der Wucherung verhindert werden. Bekanntlich gehört aber eine gewisse Aufmerksamkeit zu einem anhaltenderen Erhitzen der Milch; es tritt dabei leicht Überkochen und Anbrennen ein, und daher ist es Sitte, Milch nur aufzukochen, d. h. dieselbe nur für kürzeste Zeit bis in die Nähe des Siedepunktes, gewöhnlich aber auf noch geringere Wärmegrade zu erhitzen. Dabei erfolgt keine Tötung der pathogenen Keime.

Um ohne die Gefahr des Überkochens Milch mehrere Minuten lang zu erhitzen, bedient man sich daher zweckmäßig der „Milchkocher“ die im folgenden Abschnitte näher beschrieben sind.

2. Die Ernährung der Kinder mit Milch und Milchsurrogaten.

Der Nährstoffbedarf des Kindes.

Die Gewichtszunahme des wachsenden menschlichen Körpers erhellt aus folgender Tabelle:

Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht
	Gramm	Kilo		Gramm	Kilo		Gramm	Kilo
0	0	3·5	7 Monate	12	8·33	9 Jahre	5·0	24·1
1 Woche	0	3·4	8 „	10	8·63	10 „	5·5	26·1
2 Wochen	43	3·85	9 „	10	8·93	11 „	5·0	27·9
3 „	50	4·25	10 „	9	9·2	12 „	8·8	31·0
4 „	43	4·25	11 „	8	9·45	13 „	11·8	35·3
5 „	43	4·8	12 „	6	9·6	14 „	14·0	40·5
6 „	30	5·0	2 Jahre	6·7	12·0	15 „	16·2	46·4
7 „	30	5·2	3 „	4·6	13·6	16 „	19·2	53·4
8 „	30	5·4	4 „	4·6	15·1	17 „	11·0	57·4
3 Monate	28	6·35	5 „	4·4	16·7	18 „	10·7	61·3
4 „	22	7·05	6 „	3·5	18·0	19 „	5·5	63·3
5 „	18	7·55	7 „	6·0	20·2	20 „	4·7	65·0
6 „	14	7·97	8 „	6·0	22·3			

Demnach ist die Zunahme des Körpergewichts weitaus am bedeutendsten in den ersten 3—4 Lebensmonaten; von da ab beginnt der Verlauf der Kurve sich allmählich abzuflachen, bis zwischen dem 13. und 16. Jahre nochmals ein steileres Ansteigen erfolgt, so daß im 16. Jahre die tägliche Gewichtszunahme derjenigen des 4.—5. Lebensmonats gleichkommt.

Es würde jedoch irrig sein, wollte man wesentlich aus dieser Gewichtszunahme die Notwendigkeit einer erheblich gesteigerten Nahrungszufuhr ableiten. Die beim Wachstum angesetzte Körpersubstanz macht nur in den ersten Lebenswochen wohl einen bedeutenden, späterhin aber einen sehr geringen Bruchteil der erforderlichen Nahrung aus. Auf feste Substanz berechnet setzt das 10wöchentliche Kind täglich etwa 8 g Eiweiß und Fett an, die im 5. bis 10. Teil der täglich aufgenommenen Nahrung enthalten sind.

Der hauptsächlichste Grund für das relativ große Nahrungsbedürfnis des jugendlichen Körpers ist vielmehr darin zu suchen, daß (hauptsächlich infolge der relativ größeren Oberfläche) die Wärmebildung auf die Körpergewichtseinheit berechnet bedeutend höher ist als beim Erwachsenen. Experimente im Respirationsapparat haben gezeigt, daß Kinder noch im Alter von 3—7 Jahren pro 1 Kilo Körpergewicht mehr als doppelt soviel Kohlensäure ausscheiden als Erwachsene Ein 5wöchentliches Kind von 4,5 Kilo Gewicht lieferte pro Tag 352 Kalorien, also pro Kilo 80 Kalorien, während beim Erwachsenen nur 40 Kalorien pro Kilo zu rechnen sind.

Aus dem Kostmaß gesunder, in der Säuglingszeit teils mit Frauenmilch, teils mit Kuhmilch genährter Kinder sind folgende Zahlen für den Nahrungsbedarf des Kindes gewonnen:

	Bedarf pro 1 Kilo Körpergewicht			Kalorien
	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	
	Gramm	Gramm	Gramm	
3. Tag	2·4	2·8	2·9	47·8
Ende der 1. Woche	3·7	4·3	4·4	73·2
„ „ 3. „	4·8	5·0	5·7	89·6
„ „ 8. „	4·5	5·2	5·4	88·6
„ des 5. Monats	4·5	4·8	5·6	86·2
„ „ 12. „	4·0	4·0	8·0	86·2
„ „ 18. „	4·0	3·5	9·0	85·8
„ „ 2. Jahres	4·0	3·0	10·0	85·3

Vollbefriedigendes Wachstum findet nur statt, wenn der Energiequotient der Nahrung (d. h. die tägliche Kalorienzufuhr pro Kilo Körpergewicht) nicht unter 100 Kal. sinkt (Heubner).

Beachtenswert ist, daß erfahrungsgemäß etwa vom 7. Monat ab die Zufuhr von Eiweiß und Fett ungefähr gleich bleiben darf, während die Menge der zerlegten Kohlehydrate wesentlich ansteigen muß; d. h. es hat von da ab das Milchquantum annähernd gleich zu bleiben, aber es sind Kohlehydrate in anderer Form zuzufügen.

Auch bei älteren Kindern ist die Ernährung genau zu überwachen, besonders in den Jahren der Pubertätsentwicklung. Die Gewichtszunahme ist immer noch bedeutend, der Umsatz relativ hoch, und die Nahrungszufuhr muß daher quantitativ und qualitativ sorgfältig angepaßt sein. Nach Heubner und Camerer braucht ein Kilo Kind an Nahrung:

Alter	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
2—4 Jahre .	3·6 g	3·1 g	9·2 g	75·3
5—7 „ .	3·2 „	2·2 „	10·8 „	78
8—10 „ .	2·7 „	1·3 „	10·2 „	60
11—14 „ .	2·5 „	1·0 „	8·0 „	55

Bei Kindern, welche reichliche körperliche Bewegung im Freien haben, pflegt in dieser Zeit Appetit und Verdauungskraft derartig zu sein, daß sie auch ohne besondere Auswahl der Kost stets die aus-

reichenden Nährstoffe erhalten. Bei mehr ruhiger, sitzender Lebensweise in Zimmerluft (Schüler höherer Lehranstalten, Handwerkerlehrlinge usw.) ist dagegen Fürsorge für einen ausreichenden Gehalt der Nahrung an Eiweiß, Fett und Salzen (Eisen) durchaus erforderlich, wenn nicht der Grund zu dauernden Ernährungsstörungen, Eiweißverarmung, Anämie und Hydrämie, sowie auch zu der Unfähigkeit der Mütter zum Selbststillen der Kinder gelegt werden soll.

a) Die Ernährung des Kindes mit Frauenmilch.

Die einzige normale Nahrung des Kindes in den ersten Lebensmonaten ist die Frauenmilch. Wenn irgend möglich, sollte jedes Kind von der eigenen Mutter genährt werden; nur übertragbare Krankheiten, hochgradige Anämie und Verdacht auf Tuberkulose sollten von dem Versuch einer solchen naturgemäßen Ernährung zurückhalten. Durch häufige Belehrungen, Stillprämien usw. muß immer wieder auf die Bedeutung der Ernährung der Säuglinge durch Muttermilch hingewiesen werden. — Ist die Mutter nicht befähigt, so kommt zunächst die Milch einer anderen Mutter in Frage. Für schwächliche Kinder der ärmeren Bevölkerung ist Ammenernährung in Säuglingsheimen zu veranlassen.

Die Frauenmilch ist gelblichweiß, von stark süßem Geschmack, zeigt alkalische Reaktion, ein spezifisches Gewicht von 1028—34 und enthält nach Heubner und Rubner folgende Bestandteile:

> 88·6 Prozent Wasser; 11·4 Prozent Trockensubstanz; 0·16 Prozent Eiweiß-Stickstoff = zirka 1 Prozent Eiweiß (etwa 12 Prozent des Gesamt-N.'s ist auf Extraktivstoffe zu rechnen); 3·0 Prozent Fett, 0,2 Prozent Salze. — 100 g Milch liefern 58 nutzbare Kalorien.

Die Eiweißstoffe bestehen größtenteils aus Albumin, daneben aus kleinen Mengen Kasein, Protalbumin und Pepton; durch Magensaft gerinnt das Eiweiß in weichen Flocken; das geronnene Kasein reagiert alkalisch, wird leicht gelöst und peptonisiert. — Das Fett besteht aus Triglyzeriden der Oleïn-, Palmitin- und Stearinsäure. — An Aschenbestandteilen enthält die Frauenmilch in 1 Liter:

> 0·7 g Kali, 0·25 Natron, 0·33 Kalk, 0·06 Magnesia, 0·004 Eisen, 0·47 Phosphorsäure, 0·43 Chlor.

Die Zusammensetzung schwankt ähnlich wie die der Kuhmilch je nach dem Alter und der Individualität, nach der Zeitdauer der Laktation, nach der Nahrung und dem Ernährungszustand, namentlich aber je nachdem die Probe zu Anfang des Saugens der noch vollen Brust oder aber gegen Ende der fast entleerten entnommen ist.

Die Ausnutzung der Frauenmilch durch den Säugling ist eine außerordentlich vollkommene; von den gelieferten Kalorien sind 91·6 Prozent verwertbar. Auch die Salze werden zu 90 Prozent ausgenutzt. Die Fäzes enthalten vorzugsweise Fettsäuren, Kalk, geringe Spuren von Eiweiß und machen etwa 3 Prozent der genossenen Nahrung aus.

Bezüglich der Menge der dem Säugling zu gewährenden Frauenmilch besteht die Vorschrift, daß am ersten Tage nach der Geburt 2—3, an den folgenden Tagen im Mittel 5—7 Mahlzeiten gereicht werden und zwar stets in den gleichen regelmäßigen Abständen mit Pausen von mindestens $2^1/_2$—$3^1/_2$ Stunden. Jede Mahlzeit dauert etwa 20 Minuten. Der Säugling verzehrt:

pro Mahlzeit:						pro 24 Stunden:			
am	1. Tag	10 g	am	6. Tag	50 g	in der	1. Woche	298 g
„	2. „	20 „	„	10. „	70 „	„ „	2. „	363 „
„	3. „	30 „	„	20. „	100 „	„ „	10. „	986 „
„	4. „	40 „	„	40. „	130 „	„ „	12. „	940 „
„	5. „	50 „	„	100. „	150 „	„ „	20. „	950 „

Zeigen die mit Frauenmilch genährten Kinder keine normale Entwicklung, so kann — soweit die Nahrung in Betracht kommt — die Ursache zunächst in der Art der Darreichung, namentlich in zu kurzen Pausen und zu häufigen Mahlzeiten liegen. Ist dies ausgeschlossen, so muß in einer quantitativ unzureichenden Produktion der Milch oder in einer qualitativ abnormen Beschaffenheit derselben die Ursache gesucht werden. Die Quantität der von der Mutter bzw. Amme gelieferten Milch läßt sich leicht dadurch feststellen, daß der Säugling an einem Tage vor und nach jedem Anlegen gewogen, daß dann die einzelnen so ermittelten Nahrungsmengen addiert und mit dem normalen 24 stündigen Nahrungsquantum verglichen werden. Ist die Quantität genügend gefunden, so ist an eine abnorme Beschaffenheit der Frauenmilch zu denken, z. B. an einen zu hohen Fettgehalt usw.

Vom 7. Monat ab ist eine Zugabe, namentlich von Kohlehydraten und Salzen, erforderlich; erstere können in Form von Zwieback, Gries usw., letztere hauptsächlich in Form von Spinat, Karotten u. dgl. gereicht werden. Etwa vom 10. Monat ab ist die Frauenmilch durch Kuhmilch zu ersetzen.

b) Die Ernährung des Kindes mit Kuhmilch.

Ist Frauenmilch nicht zu beschaffen, so muß der Säugling das der Frauenmilch immerhin ähnlichste Nahrungsmittel, die Tiermilch, gegeben werden. Die Milch von Stuten und Eselinnen scheint die weitgehendste Ähnlichkeit mit der Frauenmilch zu haben; doch liegen zu wenig Erfahrungen über ihre Bekömmlichkeit vor, und ihre Beschaffung in ausgedehnterem Maßstabe stößt auf größere Schwierigkeiten.

Wir sind daher fast lediglich auf die Kuhmilch angewiesen, die allerdings sehr bedeutende Differenzen gegenüber der Frauenmilch erkennen läßt. Dieselben betreffen:

1. Die chemische Zusammensetzung. Die Kuhmilch enthält im Mittel: 87·5 Prozent Wasser, 3·4 Prozent Eiweiß, 3·6 Prozent Fett, 4·8 Prozent Zucker, 0·7 Prozent Salze; an Salzen enthält 1 Liter Milch: 1·8 g Kali, 1·1 Natron, 1·6 Kalk, 0·2 Magnesia, 0·003 Eisen, 2·0 Phosphorsäure. 1·7 Chlor, Die hauptsächlichsten Differenzen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Frauenmilch	Kuhmilch
Weniger Eiweißstoffe.	Mehr Eiweißstoffe.
Mehr Zucker.	Weniger Zucker.
Alkalische Reaktion.	Amphotere Reaktion.
Wenig Kaseïn.	Die Eiweißstoffe bestehen hauptsächlich aus Kaseïn.
Mit Magensaft weiche, flockige Gerinnsel.	Mit Magensaft derbe Gerinnsel.
Das Kaseïngerinnsel reagiert alkalisch.	Das Kaseïngerinnsel reagiert sauer.
Viel weniger Salze, namentlich Phosphorsäure, Kalk und Chlor.	Erheblich mehr Salze.

Dazu kommt, daß die Kuhmilch sehr bedeutenden Schwankungen ihrer Zusammensetzung unterliegt, und daß diese Verschiedenheiten vom Säugling schlecht vertragen werden. Es ist das nicht dadurch auszugleichen, daß die Milch von ein und derselben Kuh bezogen wird; vielmehr treten auch dann je nach dem Futter, der Tageszeit usw. grelle Wechsel in der Beschaffenheit der Milch auf. Im Gegenteil zeigt die von mehreren Kühen und Tageszeiten gemischte Milch die konstantere Zusammensetzung und wird erfahrungsgemäß vom Säugling besser vertragen.

2. Die Ausnutzung und Verdaulichkeit. Die Ausnutzung ist im ganzen bei der Kuhmilch etwas schlechter als bei der Frauenmilch. Die Menge der Fäzes beträgt 6—7 Prozent der Nahrung; das Eiweiß wird zu 98 Prozent, das Fett zu 94 Prozent, die Salze nur zu 56 Prozent, der Kalk nur zu 30 Prozent ausgenutzt. Der Kot besteht größtenteils aus fettsaurem Kalk, enthält aber auch deutliche Spuren von Eiweiß. — Ferner ist die Kuhmilch schwerer verdaulich, weil sie gehaltreicher ist und insbesondere viel derbere Kaseïngerinnsel liefert, in welche die Verdauungssäfte nur langsam vordringen.

3. Der Bakteriengehalt. Auch die Frauenmilch enthält nicht selten Bakterien, die von der äußeren Haut her in die Ausführungsgänge der Drüsen hineingewuchert sind und daher in den erstentleerten Milchportionen am reichlichsten vorkommen. Vorzugsweise handelt es sich dabei um Staph. pyog. albus. Im übrigen ist die Frauenmilch frei von schädigenden Keimen. Dagegen können mit der Kuhmilch die zahlreichen S. 196 u. 199 aufgezählten saprophytischen und infektiösen Bakterien in den Darm des Kindes gelangen.

Man versucht, diese Abweichungen der Kuhmilch nach Möglichkeit zu beseitigen:

1. Durch sorgfältige Gewinnung und frischen Bezug der Milch.

Die benutzten Kühe sollen Rassen angehören, welche für Perlsucht möglichst wenig empfänglich sind; dieselben werden bis höchstens 10 Monate nach dem Kalben zur Milchproduktion verwendet; das ganze Jahr hindurch wird ein möglichst gleichmäßiges Trockenfutter gereicht; die Milch aller Kühe wird gemischt und sofort nach dem Melken stark gekühlt und kühl aufbewahrt. — Gleichzeitig ist auf möglichstes Fernhalten saprophytischer und pathogener Bakterien Bedacht genommen Ein Tierarzt untersucht die neu angekauften Tiere und monatlich einmal die Standtiere. Ferner werden der Stall, die Futtertröge, die Tiere, namentlich aber die Gefäße und Flaschen peinlich sauber gehalten. Die Flaschen oder Kannen sind mit sicherem Verschluß (Plomben) versehen. Der Transport soll so kurz wie möglich sein; die Milch soll, bis sie in die Hand des Konsumenten gelangt, nicht über 10° warm geworden sein. — Der geschilderte Betrieb der Anstalten verursacht selbstverständlich bedeutendere Kosten und der Preis solcher Kindermilch stellt sich daher auf 30—50 Pf. pro Liter. Der Preisunterschied gegenüber beliebiger Marktmilch beträgt also im Mittel 20 Pf.; was bei einem durchschnittlichen täglichen Konsum von 1 Liter immerhin nur 6 Mark im Monat und für die gesamte Ernährung eines Säuglings etwa 60 Mark ausmacht.

2. Durch eine Präparation der Milch, die darauf hinausgeht, die Kuhmilch in bezug auf die chemische Zusammensetzung der Muttermilch ähnlicher zu machen. Am einfachsten sucht man durch Wasserzusatz die Eiweißstoffe und Salze, die in der Kuhmilch in zu großer Menge vorhanden sind, zu verdünnen und durch Zuckerzusatz das Minus der Kuhmilch in dieser Beziehung auszugleichen. Erfahrungsgemäß ist an den ersten Lebenstagen 1 Teil Milch mit 3 Teilen Wasser zu verdünnen, vom 3. bis 30. Tage 1 Teil Milch mit 2 Teilen Wasser, vom 30. bis 60. Tage 1 Teil Milch mit 1 Teil Wasser und so allmählich abnehmend, bis etwa vom 8. Monat ab reine Kuhmilch gereicht wird. Ferner sind, um den Zuckergehalt der Kuhmilch dem der Frauenmilch zu nähern, pro 1 Liter fertiges Gemisch 26 g Zucker zuzufügen (am besten Milchzucker).

Nach Heubner-Hofmann soll der Säugling pro Tag erhalten:
im 1. Monat: 300 ccm Milch + 300 ccm Wasser + 6 Kaffeelöffel voll Milchzucker (verteilt auf 8 Flaschen à 75 ccm);
im 2. u. 3. Monat: 450 ccm Milch + 450 ccm Wasser + 9 Kaffeelöffel voll Milchzucker (verteilt auf 7 Flaschen à 125 ccm);
im 3.—9. Monat: 600 ccm Milch + 600 ccm Wasser + 12 Kaffeelöffel voll Milchzucker (verteilt auf 6—8 Flaschen à 150 ccm).

Die so präparierte Milch hat dann noch einen abnorm geringen Fettgehalt, 1,5 Prozent statt 3 Prozent. Um dies auszugleichen, läßt man die Milch vor dem Verdünnen mit Wasser zirka 1 Stunde in flachen Gefäßen stehen und schöpft nur die oben angesammelte Sahne in das Milchgefäß. Das Gemisch von dieser mit dem gleichen Volum Wasser enthält dann etwa 2,6 Prozent Fett. — Noch vollkommener ist der Ausgleich in der Gärtnerschen Fettmilch, die aber nur partiell sterilisiert in Flaschen und relativ teuer zu beziehen ist.

3. Durch Tötung der in der Kuhmilch enthaltenen Bakterien durch Kochen, Pasteurisieren, Sterilisieren oder Zusatz von Chemikalien (s. S. 206).

Verschiedene Autoren legen besonderen Wert darauf, daß die Kuhmilch roh genossen wird; sie soll dann leichter verdaulich und bekömmlicher sein, bakterizide Fähigkeit („Milchkraft") entfalten und Antikörper einführen können, während durch Erhitzen alle diese Eigenschaften schwinden.

Weder durch Tierexperimente noch durch Versuche an schwächlichen Kindern (Czerny) hat sich bis jetzt eine Überlegenheit der rohen Milch über die gekochte einwandfrei erweisen lassen. Nur bei ausgebrochener Barlowscher Krankheit ist rohe Milch als Heilmittel bewährt, ohne daß die Ursache dieser Wirkung aufgeklärt wäre. Im übrigen hat tausendfältige Erfahrung gezeigt, daß die Säuglinge mit gekochter Kuhmilch gut gedeihen; das Schreckgespenst der Barlowschen Krankheit gegen das Kochen ins Feld zu führen ist um so weniger statthaft, als diese Erkrankung ungemein selten vorkommt und, wie erwähnt, auch bei Kindern, die gar nicht ausschließlich mit stark gekochter Milch genährt sind.

Auf der anderen Seite sind die von den pathogenen Bakterien der Milch ausgehenden Gefahren so erheblich, daß die Abtötung dieser Krankheitserreger unbedingt erforderlich ist. Durch chemische Mittel, auch durch Formalin oder H_2O_2, gelingt dies nicht ohne neue Gefährdung der Säuglinge (s. S. 198); daher bleibt nur das Erhitzen der Milch als unschuldigstes, aber wirksames und notwendiges Mittel zur Vorbehandlung der Säuglingsmilch übrig.

Soll die Milch im Hause gekocht werden, so genügt es, dieselbe in geeigneten Milchkochapparaten 5—10 Minuten auf 97—100°

durchzuhitzen, um die vorhandenen Krankheitskeime und fast alle Gärungserreger zu vernichten.

Hierbei kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Höhere Temperaturen, durch Erhitzen unter Druck gewonnen, sind völlig überflüssig, ebenso ist es unnötig, die Temperatur von 97—100° länger als 10 Minuten einwirken zu lassen; denn eine Abtötung auch der widerstandsfähigeren Milchbakterien gelingt doch erst bei 6stündiger Erhitzung. Auch ist es gar nicht erforderlich, dem Säugling eine völlig keimfreie Milch zu liefern. Bakterien gelangen in den Darm des Säuglings unter allen Umständen durch seine Finger und verschiedenste Berührungen. Es kommt nur darauf an, die Milch von parasitären Bakterien zu befreien und eine Wucherung toxinbildender Saprophyten in der Milch zu verhüten.

Ferner ist zu beachten, daß die gekochte Milch meistens längere Zeit — bis zu 24 Stunden — aufbewahrt werden soll.

Dies ist ohne Zersetzung der Milch nur dann möglich, wenn die Milch nach dem Kochen rasch abgekühlt und bei niederer Temperatur (unter 20° Celsius) aufbewahrt wird. Diejenigen Gärungserreger, welche durch das voraufgehende Erhitzen nicht getötet werden — und solche sind fast immer vorhanden —, vermehren sich bei niederer Temperatur äußerst langsam, dagegen rasch bei einer Wärme von mehr als 20°. Am bedenklichsten ist in dieser Beziehung ein langsames Abkühlen größerer Portionen gekochter Milch. Dieselben halten sich viele Stunden auf Temperaturen zwischen 25 und 45°, d. h. auf Wärmegraden, bei denen racheste Wucherung der restierenden Bakterien erfolgt. — Sehr empfehlenswert ist in Orten, die im Sommer über kühles Grund- oder Quellwasser verfügen, die Verwendung von Kühlkisten. In der Mitte einer mit schlecht Wärme leitendem Material gefüllten Kiste (vgl. die „Kochkiste“, S. 180) steht ein größeres Blechgefäß mit Wasser, das 2—3 mal täglich erneuert wird. Bewahrt man die Milch nach dem Abkühlen in diesem Wasser auf, so erhebt sich deren Temperatur nie über 18—20° (Speck).

Außerdem aber muß die aufbewahrte Milch vor dem Hineingelangen neuer Krankheitskeime und solcher Gärungserreger geschützt werden, welche auch bei niederer Temperatur rasch wuchern und die Milch verderben. Dazu ist vor allem nötig, daß man die Milch während der ganzen Zeit in den Kochgefäßen beläßt, und aus diesen eventuell nur die jeweils gebrauchten Portionen in Saugflaschen, Tassen usw. abgießt. Wollte man die Milch in Gefäße, welche in üblicher Weise gereinigt sind, umgießen und in diesen aufbewahren, so würde sie rasch verderben, weil solche Gefäße stets zahlreiche, sich schnell vermehrende Gärungserreger enthalten.

Auch der Luft soll die Milch während ihrer Aufbewahrung keine zu große Berührungsfläche darbieten; es fallen sonst Staub und Schmutz und mit diesen reichliche Bakterien hinein. Eine kleine Berührungsfläche mit der Luft schadet dagegen nichts; die Luft führt gewöhnlich nur spärliche Bakterien, und diese sind in der Form des trockenen Staubes so lebensschwach, daß sie, in die Milch gelangt, erhebliche Zeit gebrauchen, ehe sie anfangen, sich zu vermehren. Stellt man z. B. zwei Saugflaschen mit der gleichen sterilisierten Milch, die eine mit Wattepfropf, die andere offen, in demselben Zimmer resp. Brütofen auf, so macht sich kaum ein Unterschied bezüglich der Haltbarkeit der Proben geltend, und jedenfalls nicht innerhalb der ersten 24 Stunden.

Vorstehende Gesichtspunkte wurden in früheren Jahren nicht ausreichend

beachtet; daher ging man bei den älteren Apparaten zum Milchkochen vielfach darauf hinaus, die Töpfe beim Kochen möglichst hermetisch zu schließen, Temperaturen über 100° zu erzielen, diese sehr lange einwirken zu lassen und bei der Aufbewahrung namentlich die Luft von der Milch fern zu halten. Infolgedessen waren die Konstruktionen sehr kompliziert, und Geschmack und Farbe der Milch wurden stark verändert.

Für das Kochen kleinerer Portionen Milch, die nicht aufbewahrt, sondern kurz nach dem Kochen verbraucht werden sollen, benutzt man am besten kleine Wasserbäder.

Ein größerer offener Blechtopf, der innen drei vorspringende Leisten trägt, dient als Wasserbad; in den Ausschnitt der Leisten paßt ein kleinerer emaillierter oder porzellanener, mit Deckel versehener Milchtopf. Das Erhitzen der Milch bedarf keiner Beaufsichtigung; Überkochen kann nicht stattfinden; nach 20 Minuten vom Sieden des Wassers ab gerechnet sind selbst Milzbrandsporen vernichtet.

Nicht zu empfehlen sind die Milchkocher von Bertling, Cohn, Roeder, Hartmann u. a., die nur unnötige Komplikationen haben.

Für das Kochen größerer Portionen Milch, insbesondere der ganzen Tagesration des Säuglings sind zu benutzen:

1. Soxhlets Milchkocher. Die mit Wasser und Zucker gemischte Milch wird je nach dem Bedarf des Säuglings in 6—10 kleine Saugflaschen



Fig. 21. Soxhlets Milchkocher.

gefüllt; diese werden mit durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen im Wasserbad erhitzt; war das Wasser einige Minuten im Kochen, so wird die Bohrung des Stopfens mit einem Glasstäbchen verschlossen, und dann wird noch weitere 10 Minuten erhitzt. Sämtliche Fläschchen bleiben dann an kühlem Orte stehen; unmittelbar vor dem Gebrauch wird der Stopfen des einzelnen Fläschchens durch den Saugstopfen ersetzt. — Bürsten usw. zur Reinigung der Flaschen werden beigegeben.[1]

Der Soxhletsche Apparat war der erste, der in rationeller Weise die Aufbewahrung größerer Milchquantitäten ermöglichte; er hat mit Recht weiteste Verbreitung gefunden.

Einige Nachteile des Apparats werden bei einer neueren Konstruktion vermieden, welche kleine Gummischeiben als Verschluß der Flaschen ver-

[1] Zu beziehen von Dr. Lehmann, Berlin C., Heiligegeiststraße 43 für den Preis von 13 bis 20 Mark.

wendet. Die Scheiben werden lose auf die Flaschen aufgelegt, nur seitlich durch eine Metallhülse fixiert, und lassen während des Kochens Luft- und Wasser-

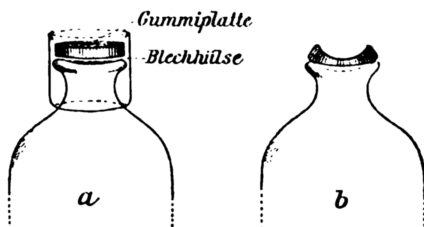


Fig. 22.
SOXHLETs Gummischeiben-Verschluß; *a* vor dem Kochen, *b* nach dem Kochen und Abkühlen.

dampf entweichen, beim Erkalten werden sie aber durch den Luftdruck derartig angepreßt, daß sie einen festen Verschluß bilden.

Der Kautschukverschluß, der zu schlechtem Geschmack Anlaß gibt, läßt sich ganz vermeiden dadurch, daß die Fläschchen mit kleinen Glashütchen bedeckt werden; Einkerbungen an deren unterem Rand (Fig. 23 c) verhüten ein Abgleiten der Hütchen. Dieselben haben solchen Abstand vom Flaschen-

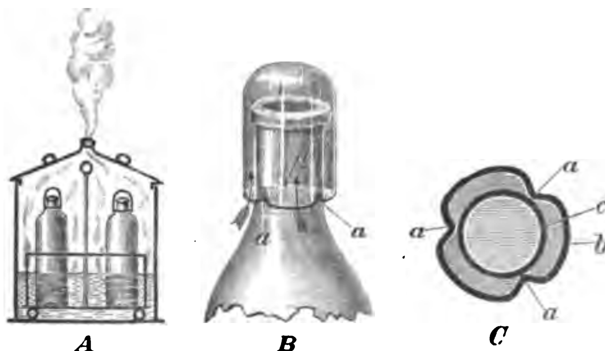


Fig. 23. Milchflaschen mit Glashütchen.
A Die Flaschen im Kochtopf. *B* Flaschenhals mit Hütchen, bei *a* Einkerbungen, um das Abgleiten zu hindern. *C* Flaschenhals und Hütchen im Querschnitt; *a* Einkerbungen, *b* Rand des Hütchens, *c* Flaschenhals.

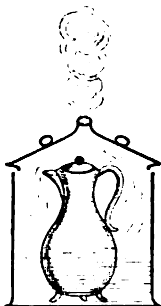
hals, daß die Außenluft in freier Kommunikation vom Flaschenhals mit dem Innenraum der Flasche steht, daß also der Wasserdampf beliebig entweichen und beim Erkalten Luft in die Flasche eintreten kann.[1] Trotz der freien Kommunikation mit der Außenluft ist der Verschluß völlig bakteriendicht. Es ist längst erwiesen (s. Kap. IX), daß den in der Luft schwebenden Bakterien meist eine gewisse Schwere zukommt, daß sie daher — abgesehen von sehr heftigen Luftströmungen — für gewöhnlich nicht vertikal aufwärts geführt werden können. Daß auch tatsächlich die Milch in den mit Hütchen verschlossenen Fläschchen genau ebenso lange Haltbarkeit zeigt, wie in den

[1] Zu beziehen von BÜCHLER, Breslau, Karlstraße; außerdem nach den Angaben im Text in jedem Geschäft für chemische Utensilien leicht herzustellen.

mit Kautschukstopfen oder Watte verschlossenen, ist durch besondere Versuchsreihen erwiesen.

Der Kochtopf wird zweckmäßig nach Art des Kochschen Dampfofens mit konischem, oben durchbohrtem Deckel verschlossen (Weite der Bohrung nicht über 0·5 cm). Als Wasserfüllung genügt $^1/_2$ Liter; bei mehr Wasser dauert nur das Anheizen länger. Sobald der Dampf aus der Öffnung in kräftigem Strahl ausströmt, ist derselbe 100° warm; von diesem Moment ab beläßt man das Wasser noch 5—10 Minuten im Sieden. Man hat also nur die gefüllten und verschlossenen Fläschchen in den Kochtopf einzusetzen, anzuheizen, bei gelegentlichem Vorbeigehen nachzusehen, wann der Dampf kräftig ausströmt, und von da ab noch 5—10 Minuten auf dem Feuer zu belassen.

Mag man die eine oder die andere Art von Soxhletkochern benutzen, in jedem Falle ist es von Wichtigkeit, die gekochte Milch rasch abzukühlen. Am besten läßt man den Einsatz mit Flaschen zunächst $^1/_2$ Stunde in der Luft sich abkühlen; dann füllt man in den Kochtopf kaltes Wasser und beläßt die Flaschen hierin 1 Stunde; darauf bewahrt man den Einsatz im leeren Topf in einem kühlen Raum bzw. in dem mit kaltem Wasser gefüllten Topf in der Kühlkiste auf.


Fig. 24. Milchkocher in Kannenform.

2. Milchkocher in Kannenform. Eine 2 Liter fassende Kanne aus emailliertem Blech paßt in den beim vorigen Apparat verwendeten Kochtopf. Sie wird mit Milch gefüllt und in strömendem Dampf von 100° 10 Minuten erhitzt. Die herausgenommene Kanne wird zweimal in kaltem Wasser gekühlt, und bleibt dann in dem entleerten Kochtopf an kühlem Orte stehen (oder Kühlkiste); unmittelbar vor dem Gebrauch wird die jedesmal nötige Portion Milch ausgeschenkt. — Die Milch ist in solcher Kanne auch bei häufigem Ausschenken nach 24 Stunden noch nahezu bakterienfrei und kann Kindern ohne jede Gefahr verabreicht werden. — Erheblich billiger als Soxhlet-Apparate.

3. Töpfe mit durchlochtem Deckel für halbe Tagesportionen (12 Stunden). Die Deckel haben in der Mitte ein kurzes Rohr von ca. 2 cm weitem Durchmesser, in der Peripherie 4 oder 5 Löcher von 1 cm Durchmesser (s. Fig. 25). Kocht man die Milch in solchem Topf auf lebhaftem Feuer, so wallt sie durch die mittlere Öffnung in die Höhe und fließt durch die anderen Löcher des Deckels wieder in den Topf zurück; Überkochen findet auf Herdfeuer nie statt. Die Töpfe werden aus emailliertem Eisenblech oder aus glasiertem Ton (Bunzlauer Geschirr) hergestellt; letztere kosten bei $1^1/_2$ Liter Inhalt 60 Pf.

Die Milch ist bei 24stündiger Aufbewahrung nicht so keimarm wie bei den vorgenannten Methoden; es ist daher in diesen Töpfen besser 2mal täglich eine Portion Milch zu kochen. Notwendig ist die Einhaltung folgender Gebrauchsvorschriften, die zweckmäßig jedem Topf gedruckt beizugeben sind:

„Man messe so viel Milch ab, wie das Kind in einem halben Tage trinkt und verdünne dieselbe für jüngere Säuglinge in der üblichen Weise mit Wasser (bis zum Alter von 1 Monat 1 T. Milch und 2 T. Wasser, von da ab 1 T. Milch und 1 T. Wasser, vom 4. Monat das Wasser allmählich abnehmend, vom 8. Monat ab reine Milch; ferner zu je 1 Liter fertigen Gemisches 25 g Milchzucker).

Jedem Liter der zu kochenden Milch, sei dieselbe unverdünnt oder verdünnt, füge man ferner 5 Teilstriche der Saugflasche (= $^1/_{10}$ Liter) Wasser vor dem Kochen zu; dieses Wasser verdampft wieder bei dem nachfolgenden Kochen. Sodann setze man den Topf auf's Feuer und beobachte, wann die Milch anfängt, über den Deckel heraufzusteigen. Von da ab läßt man noch 10 Minuten kochen. Hat man einen kühlen Raum zur Verfügung, so bewahre man den Topf mit der Milch ohne weiteres dort auf. Muß die Milch im warmen Zimmer aufbewahrt werden (z. B. im Hochsommer), so setze man den Topf mit der Milch in eine irdene Schale mit ca. 2 Litern kalten Wassers; bei starker Sommerhitze ist nach $^1/_2$ Stunde noch einmal frisches Kühlwasser einzugießen. Hat der Topf im ganzen 1 Stunde im Wasser gestanden, so nimmt man ihn heraus und läßt ihn im Zimmer stehen. Die Saugflasche ist jedesmal erst unmittelbar vor dem Trinken mit Milch zu füllen und gleich nach dem Trinken zu reinigen."



Fig. 25. Milchkochtopf mit durchlochtem Deckel.

4. Abgabe bereits gekochter Kindermilch in Milchküchen. Sind Polikliniken und Armenärzte in der Lage, für bereits erkrankte Kinder aus den ärmsten Bevölkerungsklassen bereits sterilisierte Milch gratis oder für einen anderen Preis anzuweisen, so kann dadurch zweifellos viel Segen gestiftet und manche sonst zum Tode führende gastrische Störung der Heilung entgegengeführt werden. Für diese Fälle sind Milchmischungen mit Wasser und Zucker zu verwenden, die dem Alter des Säuglings angepaßt und dann in kleinen Saugfläschchen partiell sterilisiert sind, damit jedes Manipulieren mit der Milch im Hause vermieden wird. Das an einem Tage hergestellte Milchquantum muß kühl gehalten und binnen 24 Stunden verbraucht werden. Die Herstellung der Milch erfolgt zweckmäßig in städtischen Anstalten; ein Arzt hat die Milchküche zu überwachen und von Zeit zu Zeit die Kinder zu kontrollieren.

Für Reisen oder für den Fall, daß das Kochen im Hause momentan nicht mit der erforderlichen Sorgfalt geschehen kann, empfiehlt sich die Benutzung der in Blechdosen total sterilisierten Milch (s. oben). Dieselbe ist aus den Büchsen stets direkt in die Saugflaschen zu gießen und in diesen eventuell mit gekochtem Wasser zu mischen.

Eine weitergehende Verwendung der vor dem Kauf sterilisierten Säuglingsmilch erscheint nicht zweckmäßig. Vollständig sterilisierte Milch ist zu teuer; die partielle Sterilisierung liefert ein nur bei strenger Kontrolle unbedenkliches Präparat. Jede einigermaßen sorgsame Mutter wird sich auf solche Präparate nur im Notfalle verlassen, dagegen für gewöhnlich den Einkauf guter roher bzw. pasteurisierter Kindermilch und deren Zubereitung im Hause vorziehen.

Neuerdings sind auch Apparate konstruiert, um im Hause die Milch bei relativ niederer Temperatur, 60—70°, ebenso sicher zu sterilisieren, wie durch das Soxhletkochen; die Zeitdauer der Erbitzung muß dann entsprechend ausgedehnt werden (auf 1½ Stunden und mehr). Es soll dadurch chemischen Veränderungen der Milch noch besser vorgebeugt werden (Kobracks Pasteurisierapparat). Ähnlich wirken die Thermophore, Behälter mit einer Füllung von unterschwefligsaurem und essigsaurem Natron, die nach dem Eintauchen in kochendes Wasser stundenlang eine Temperatur über 70° behalten.

c) Die Ernährung des Kindes mit besonders präparierter Kuhmilch und Milchsurrogaten.

Die Beobachtung, daß manche Kinder die nach dem S. 216 gegebenen Vorschriften mit Wasser und Milchzucker versetzte Kuhmilch nicht vertragen, hat zu zahlreichen Versuchen geführt, die Kuhmilch der Frauenmilch ähnlicher zu machen. Entweder hat man eine leichtere Verdaulichkeit und eine Gerinnung des Kaseïns in weicheren Flocken herbeizuführen gesucht durch Zusätze von Hafer- oder Gerstenschleim zur Milch; oder das Kaseïn ist durch Behandlung mit Verdauungsfermenten teilweise in Albumosen übergeführt (Präparate von Voltmer in Altona, von Loeflund). — Über Buttermilch s. S. 226.

In einer zweiten Gruppe von Präparaten hat man das am meisten gefürchtete Kaseïn ganz oder fast ganz fortgelassen, oder auch andere Eiweißkörper in die kaseïnfreie Milch einzuführen versucht (Backhaus Milch: Mischung aus Rahm und Molke, so daß nur Molkenproteïn und Albumin übrig bleiben; Biederts Rahmgemenge: Emulsion aus Eiereiweiß, Butterfett, Milchzucker und Milchsalzen).

Einer dritten Gruppe gehören die sog. Kindermehle an, die teils mit Wasser bereitet als zeitweises Surrogat der Kuhmilch dienen sollen teils der Milch zugesetzt werden.

	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate		Salze
				in Wasser löslich	unlöslich	
	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
Nestlémehl (Vevey)	6·6	9·6	4·3	24·9	34·4	2·0
Kufekes Kindermehl	8·8	12·5	2·0	21·9	52·2	2·1
Lakto-Leguminose (Gerber in Thun)	6·3	16·7	5·6	43·2	24·4	3·0
Präpariertes Hafermehl (Knorr in Heilbronn)	10·0	12·6	6·1	5·6	63·7	1·4

In fast allen Präparaten ist ein Teil des Amylums durch Hitze oder durch Erhitzen mit wenig Säure oder durch diastatisches Ferment in lösliche Stärke,

Dextrin, bzw. Zucker übergeführt; die meisten enthalten aber immer noch ziemlich beträchtliche Mengen unveränderter Stärke, andere haben infolge von Rohrzuckerzusatz einen widerlich süßen Geschmack. Einige der gebräuchlichsten haben die in obiger Tabelle angegebene Zusammensetzung.

Besonders günstige Erfahrungen liegen vor über die Liebigsche Suppe, die nach Liebigs alter Vorschrift durch allmähliches und anhaltendes Erwärmen von Milch mit Weizen- und Malzmehl, unter Zugabe von etwas Kali carbonicum, bereitet werden sollte, und bei welcher das Amylum fast vollkommen in Maltose verwandelt war. — Czerny und Keller haben für diese „Malzsuppe" eine verbesserte Vorschrift gegeben: 50 g Mehl sollen mit $^1/_3$ Milch gequirlt werden, dann ist eine Mischung von 100 g Malzextrakt in $^2/_3$ Liter Wasser und 10 ccm einer 11 prozentigen Kali carbonicum-Lösung zuzufügen, und das Ganze kurz auf Siedetemperatur zu erhitzen.

Die aufgezählten Präparate kommen nur für den relativ kleinen Bruchteil von Kindern in Frage, welche die übliche Kuhmilchmischung nicht vertragen, oder welche vorübergehend an Verdauungsstörungen leiden. Über die Indikationen für das eine oder andere Präparat hat im Einzelfall der Kinderarzt zu entscheiden. — Außerdem sind die Mehlpräparate im späteren Säuglingsalter als Zugabe zur Milch zu verwenden.

3. Molkereiprodukte.

Butter wird aus Rahm oder Milch durch Schlagen hergestellt.

Der Vorgang, der dabei zum Ausscheiden der Butter führt, ist noch nicht vollständig aufgeklärt; am wahrscheinlichsten ist es, daß das Milchfett flüssig ausgeschieden wird und flüssig bleibt, trotzdem die Milch unter den Erstarrungspunkt abgekühlt wird. Bei Bewegung findet dann plötzlicher Übergang in den festen Zustand und dabei leichte Vereinigung zu größeren Massen statt.

Aus Milch wird die Butter nicht so fettreich und so wohlschmeckend, daher wird die Darstellung aus Rahm vorgezogen. Um letzteren zu gewinnen, ohne daß die Milch sauer wird, ist die Milch entweder in sehr dünnen Schichten auszubreiten, oder sie wird nach dem Swartzschen Verfahren in höheren Schichten mit Eiskühlung behandelt; oder aber nach dem Beckerschen Verfahren auf 50 bis 70° 2 Stunden erwärmt, wodurch sie ebenfalls gute Haltbarkeit erlangt. Neuerdings werden indessen hauptsächlich Zentrifugen (Separatoren) benutzt, ursprünglich von Lehfeld konstruiert in Form einer rotierenden Trommel, in welcher die Milch sich vertikal aufrichtet und in mehrere Schichten teilt, je nach der Schwere der Bestandteile. Zu innerst lagert sich der Rahm, außen die Magermilch, in der Mitte die frisch zulaufende Milch; die beiden Produkte kommen gesondert zum Ablauf. — Später sind vielfache abweichende Konstruktionen in den Handel gekommen.

Ein besonderer Vorteil der Zentrifugen liegt darin, daß man infolge des schnellen Betriebes frische und gut benutzbare abgerahmte Milch bekommt. Früher, wo das Aufrahmen 36—48 Stunden dauerte, war die abgerahmte Milch ein Artikel, der nur mit größtem Mißtrauen gekauft werden konnte und unter den Händen verdarb. Jetzt ist die abgerahmte Milch so haltbar wie Vollmilch, zumal wenn sie pasteurisiert wird, besitzt hohen Nährwert und deckt außerordentlich billig den

Eiweißbedarf des Menschen; für 15—18 Pfennig wird der ganze Tagesbedarf an Eiweiß geliefert. Die Magermilch wird von der ärmeren Bevölkerung noch viel zu wenig konsumiert, da dieselbe den Vorteil des jetzigen zentrifugierten Produktes gegenüber dem früheren nicht hinreichend beachtet.

Die Butter soll demnächst durch Kneten vom Wasser und den anderen Bestandteilen der Milch, Kasein, Milchzucker, Salzen, möglichst befreit werden; die andernfalls zurückbleibenden Beimengungen machen die Butter minderwertig und beschleunigen erheblich die Zersetzung.

Die mittlere Zusammensetzung der Butter ist folgende: 13,6 Prozent Wasser, 84,4 Prozent Fett, 0,7 Prozent Kaseïn, 0,5 Prozent Milchzucker, 0,66 Prozent Salze. Der Schmelzpunkt der Butter liegt gewöhnlich zwischen 31 und 37°, der Erstarrungspunkt zwischen 19 und 24°.

Marktfähige Butter soll mindestens 80 Prozent Fett und höchstens 2 Prozent Kochsalz enthalten. Oft findet man Butter mit 30—35 Prozent Wasser und erhält dann in 1 Pfund Butter nur 315 g Fett statt 425 g. — Um das leichte Verderben solcher wasserreicher Butter zu hindern, wird Kochsalz zugesetzt, 30 g pro 1 kg und mehr. Dadurch wird der Profit der Händler noch größer. Die süddeutsche Sitte, die Butter ungesalzen in den Handel zu bringen, ist weit empfehlenswerter, weil solche Butter sehr sorgfältig behandelt werden muß, wenn sie nicht schnellem Verderben ausgesetzt sein soll.

Die Butter enthält meistens sehr zahlreiche lebende Bakterien, oft 1—10 Millionen in 1 g; und zwar nicht nur die aus längere Zeit gestandenem Rahm bereitete Butter, sondern auch Butter aus Zentrifugen-Sahne, weil beim Zentrifugieren die Rahmteilchen Bakterien mechanisch mitreißen. Enthält die Milch Tuberkelbazillen, so gehen diese nachweislich beim Zentrifugieren in Sahne, Magermilch, Buttermilch und Zentrifugenschlamm über. Infolgedessen finden wir Tuberkelbazillen — und unter Umständen andere infektiöse Milchbakterien — reichlich in der Butter vertreten. Sehr häufig begegnet man ferner in der Butter den S. 197 erwähnten „säurefesten“ Bazillen, die von der Ackererde auf Futtergräser, mit diesen in die Kuhexkremente und mit letzteren in die Milch gelangen. — Pasteurisieren des zur Butterbereitung verwendeten Rahms würde gegen die bakterielle Gefahr des Buttergenusses Schutz gewähren. Dasselbe stößt um so weniger auf Schwierigkeiten, als das zu pasteurisierende Quantum relativ klein ist, und als die Butter bei Einhaltung von 85° und 2 Minuten (s. S. 207) nicht an Geschmack einbüßt.

Eine erhebliche Geschmacksalteration und vermutlich auch eine für die Verdauungsorgane nicht belanglose Änderung erleidet die Butter beim Aufbewahren durch das Ranzigwerden, das auf einer unter Mitwirkung von Bakterien erfolgenden hydrolytischen Spaltung

des Butterfetts beruht; oder durch Talgigwerden, das auf Oxydation und Entstehung von Oxyfettsäuren durch Belichtung und durch Luftzutritt zurückzuführen ist. Abschluß der Butter gegen Luft und Licht ist die zweckmäßigste Schutzmaßregel gegen die letztgenannte Veränderung.

Von Fälschungen der Butter kommt in Frage ein zu großer Wasser- und Kochsalzgehalt (s. oben); ferner Beimengungen von Farbstoff, Mehl, Schwerspat usw., namentlich aber von fremden Fetten. Letzteres erklärt sich aus den Preisverhältnissen; 1 kg Butter kostet im Mittel 2·60 Mark, 1 kg Rindstalg oder Schweineschmalz 1·30 Mark; noch billiger sind die importierten pflanzlichen Fette, Palmöl, Kokusbutter usw.

Untersuchung der Butter. Zur Wasserbestimmung werden 5 g Butter in flacher Nickelschale 30—40 Minuten im Vakuumtrockenapparat getrocknet und gewogen. — Der Kochsalzgehalt wird durch die Bestimmung des Chlors im wässerigen Extrakt der Asche ermittelt. — Zur Feststellung des Grades der Ranzigkeit werden 5 g Butter in Äther gelöst und mit alkoholischer $^1/_{10}$ Normal-Kalilauge nach Zusatz von Phenolphtaleïn titriert. Als Säuregrade bezeichnet man die zur Sättigung von 100 g Fett verbrauchten Kubikzentimeter Normal-Kalilauge. Gute Tafelbutter hat meist weniger als 5 Säuregrade; doch kommen höhere Säuregrade ohne ausgesprochene Ranzigkeit vor und umgekehrt.

Genauere Erkennung der fremden Fette ist möglich durch das Mengenverhältnis der niederen und höheren Fettsäuren. Butter enthält 87 bis 88 Prozent höhere und 12—13 Prozent niedere Fettsäuren. Andere tierische und pflanzliche Fette dagegen 95—96 Prozent höhere und nur sehr wenig niedere Fettsäuren. Die höheren Fettsäuren sind im Wasser unlöslich, nicht flüchtig und bilden große Moleküle (C_{18} . . . .). Eine Lösung von 1 g braucht daher eine relativ geringe Zahl Alkalimoleküle zur Neutralisation. Die niederen Fettsäuren sind löslich in Wasser, flüchtig und haben kleinere Moleküle (C_4 . . .), so daß für die Neutralisation von 1 g Substanz mehr Alkalimoleküle verbraucht werden. — Zur Untersuchung der Art der Fettsäuren werden die Fette zunächst verseift, die Seife wird in Wasser gelöst und mit Schwefelsäure zersetzt. Man bekommt so in der wässerigen Lösung die zwei Anteile der Fettsäuren in freiem Zustande: die unlöslichen, die durch Filtration abgetrennt und gewogen werden, und die löslichen, welche im Filtrat enthalten sind und durch Destillation desselben von der Schwefelsäure abgetrennt werden können. Das Destillat enthält bei Butter große Mengen, bei anderen Fetten nur Spuren von Säuren. Die Menge derselben läßt sich mit Alkalilösung von bekanntem Gehalt leicht quantitativ bestimmen. (Hehner, Köttstorfer, Reichert-Meissl.)

Ferner ist für die Unterscheidung fremder Fette die Bestimmung des Schmelz- und Erstarrungspunktes benutzbar; oder die Bestimmung des Brechungsvermögens mit dem Zeissschen Butterrefraktometer.

Kunstbutter. Die Einführung guter Surrogate der Butter ist von großer hygienischer Bedeutung, da das Fett eine sehr teure

Nahrung bildet und billigere Fette, Talg und Schmalz, nur zu wenigen Speisen zu gebrauchen sind.

Es gelang zuerst Mège-Mouriès ein Surrogat für Butter zu finden. Er verarbeitete Rindstalg so, daß zunächst durch Pepsin in Form von Schaf- oder Schweinemagen die einhüllenden Membranen des Fettes gelöst wurden; die erstarrte Masse wurde dann im Preßbeutel bei 25° unter eine hydraulische Presse gebracht, es blieben 40—50 Prozent Stearin zurück, während 50—60 Prozent flüssiges Oleomargarin durchgingen. Letzteres wurde mit Kuhmilch, Wasser und den löslichen Teilen von Kuheuter im Butterfaß verarbeitet. — Später ist das Verfahren mannigfach modifiziert worden; namentlich wird das Stearin nicht abgetrennt, sondern Pflanzenöl, das vorher mit überhitztem Wasserdampf behandelt ist, zugemengt. Die Fabrikation ist in Deutschland, Österreich und namentlich Nordamerika eine sehr ausgedehnte. Die in Düsseldorf etablierten Fabriken produzieren allein jährlich mehrere Millionen Pfund.

Die Kunstbutter kommt jetzt unter dem Namen Margarine (auch Oleomargarin, Sparbutter, Wiener Sparbutter, Holländische Butter usw.) in den Handel. Sie kostet im Durchschnitt 1 Mark 20 Pf. pro 1 kg; Bäcker und Konditoreien, Gast- und Speisewirtschaften verwenden sie in ausgedehntem Maße. Sie soll nicht zum Rohgenuß dienen, namentlich ist das unmöglich, seit gesetzlich verboten ist, die Kunstbutter mit Naturbutter zu vermengen. Dagegen ist sie sehr zweckmäßig für Kochen und Braten zu verwenden und einer schlechten Butter vorzuziehen, weil sie ein reineres Fett darstellt und weniger leicht ranzig wird. In bezug auf die Ausnützung und die Bedeutung als Fettnahrung ist die Kunstbutter der Naturbutter ungefähr gleichwertig. Wir haben also vom hygienischen Standpunkt ein entschiedenes Interesse an ihrer Verbreitung als Volksnahrungsmittel.

Allerdings ist eine gewisse Überwachung der Produktion nötig; es könnten sonst ekelerregende Fette von Abdeckereien usw. benutzt werden, und es ist das um so unzulässiger, als bei der Herstellung der Kunstbutter nicht immer Temperaturen angewendet werden, die zur Tötung von Parasiten ausreichen. Die Überwachung stößt indes auf geringe Schwierigkeiten, da die Herstellung fast nur in großen Betrieben erfolgt.

In Deutschland ist durch Gesetz vom 15. Juni 1897 bestimmt, daß Verkaufsstellen für Margarinepräparate durch deutliche Plakate als solche kenntlich gemacht werden müssen. Zugleich ist jede Vermischung von Butter und Margarine verboten, und die zu Handelszwecken benutzten Margarinepräparate müssen einen die Erkennbarkeit mittels chemischer Untersuchung erleichternden Zusatz enthalten. — Als solcher ist Sesamöl angeordnet, welches beim Schütteln mit alkoholischer Furfurollösung und Salzsäure Rotfärbung gibt. Beim Vorhandensein gewisser Farbstoffe ist allerdings eine kompliziertere Vorbereitung erforderlich.

Buttermilch bleibt vom Buttern des Rahms zurück, enthält

noch $^1/_2$—1 Prozent Fett, 3 Prozent in Flocken geronnenes Kaseïn, zirka 3 Prozent Milchzucker und etwas Milchsäure. Bei der gewöhnlichen Herstellungsweise gelangen sehr zahlreiche Bakterien in das Präparat. Aus Zentrifugenrahm gewonnene Buttermilch wird als leicht verdauliches Kindernährmittel empfohlen.

Käse bereitet man durch Fällen des Kaseïns mittels Lab (Extrakt aus Kälbermagen).

Etwa 30 Minuten nach dem Labzusatz und Erwärmen auf 35° erfolgt Gerinnung der Milch. Aus 10—12 Liter erhält man 1 kg Käse, letzterer wird durch Pressen und Liegenlassen an der Luft unter häufigem Umwenden getrocknet, sodann läßt man ihn reifen. Man unterscheidet Weichkäse, bei niederer Temperatur koaguliert und wenig gepreßt; ferner überfette Käse aus Rahm, bzw. Rahm mit wenig Milchzusatz (z. B. Fromage de Brie, Gervaiskäse usw.), fette Käse aus ganzer Milch (z. B. Holländer, Schweizer usw.), Magerkäse aus der abgerahmten, meist sauren Milch (Quark, Handkäse).

Beim Reifen tritt Verlust von Wasser ein, sodann eine Umwandlung des Kaseïns in Pepton und Amide und sogar Ammoniak. Es entstehen niedere Fettsäuren, ferner scharfe, bittere oder aromatische Produkte. Offenbar sind dies Bakterieneinwirkungen, die im einzelnen noch nicht genau bekannt sind.

Der Käse repräsentiert ein sehr konzentriertes Nahrungsmittel, das namentlich Eiweiß und Fett in großer Menge enthält (Zusammensetzung siehe S. 184). Mit Rücksicht auf den Preis können die feineren Sorten nur als Luxusartikel gelten, aber schon Schweizer- und Holländerkäse sind ziemlich billige Eiweiß- und Fettlieferanten; der Magerkäse kostet freilich nur $^1/_4$ soviel als die vorgenannten und repräsentiert geradezu das billigste Eiweiß.

Die Ausnutzung des Käses ist eine gute und vollständige, aber für viele Menschen ist derselbe ein schwerverdauliches Nahrungsmittel, das namentlich die Magenverdauung lange in Anspruch nimmt. — Der Bakteriengehalt des Käses ist immer ein sehr bedeutender. Hauptsächlich sind Saprophyten vertreten, indes ist auch die Möglichkeit gegeben, daß Parasiten vorhanden sind oder daß solche Saprophyten sich stärker entwickeln, welche toxische Stoffwechselprodukte liefern und durch diese „Käsevergiftungen" hervorrufen.

Molken enthalten Milchzucker, etwas Milchsäure, Salze und Pepton; sie haben eine leicht laxierende Wirkung, können daher wohl den Ernährungszustand indirekt bessern, sind aber nicht selbst ein gutes Nährmittel, ihr geringer Gehalt an Pepton kommt hierfür nicht in Betracht.

Von sonstigen Milchpräparaten sei noch Kumis und Kefyr erwähnt, ersterer aus Stutenmilch, letzterer aus Kuhmilch bereitet und auch bei uns jetzt vielfach als Diätetikum gebraucht. — Durch das Kefyrferment, das aus Hefe und verschiedenen Bakterienarten besteht und in der gleichen Kombination sich

gut weiter züchten läßt, wird der Milchzucker zum Teil in Glykose umgewandelt. Aus dieser entsteht durch die Hefe Alkohol und Kohlensäure, so daß ein schwach berauschendes und moussierendes Getränk resultiert. Der Alkoholgehalt beträgt zirka 1 Prozent. Ein anderer Teil des Milchzuckers wird außerdem in Milchsäure verwandelt. Fertiger Kefyr enthält von letzterer etwa 1½ Prozent. Ferner gerinnt das Kaseïn in außerordentlich feinen Flöckchen (rahmähnlich) und wird teilweise peptonisiert, so daß er sehr leicht verdaulich ist. — Bei den mohammedanischen Bergvölkern des Kaukasus ist die Bereitung des Kefyr von alters her in Gebrauch und geschieht einfach dadurch, daß die frische Milch in Schläuche gefüllt wird, in welchen schon Kefyr bereitet war. Man hält die Schläuche mäßig warm, von Zeit zu Zeit müssen sie geschüttelt oder gestoßen werden. — Bei uns erfolgt die Bereitung in Flaschen mit trockenen Körnern, die vorher in Wasser und dann in Milch zum Quellen gebracht sind; oder mit frischen Körnern, die eben von fertigem Kefyr abgesiebt sind. Die Flaschen müssen gut verschlossen 1—2 Tage bei etwa 18° gehalten und häufig geschüttelt werden.

Kefyr scheint bei Verdauungs- und Ernährungsstörungen oft günstig zu wirken. Der Bakterienreichtum ist nicht bedenklich, die große Menge Milchsäure wirkt kräftig entwicklungshemmend und tötend auf alle fremden und insbesondere pathogenen Keime.

Literatur (Milch und Molkereiprodukte): Kirchner, Handbuch der Milchwirtschaft. — Czerny und Keller, Des Kindes Ernährung usw. Ein Handbuch für Ärzte. Leipzig, Wien 1901. — Biedert, Die Kinderernährung, Stuttgart 1897. — Heubner und Rubner, verschiedene Arbeiten über Stoffwechsel und Ernährung des Kindes im Archiv f. Hygiene, Zeitschr. f. Biologie und Jahrbuch f. Kinderheilkunde 1896—1902. — Flügge, Die Aufgaben und Leistungen der Milchsterilisierung, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 17. — Lübbert, Die Giftwirkung der peptonisierenden Bakterien der Milch, ebd. Bd. 22. — Vergl. Munk und Uffelmann, König, Forster, l. c. — Untersuchung von Milch und Milchpräparaten: Thoms-Gilg, Nahrungsmittelchemie, Leipzig 1891.

4. Fleisch.

Als Marktware kommt vorzugsweise das Fleisch von landwirtschaftlichen Nutztieren, nebenbei das Fleisch von Wild, Geflügel, Fischen, Austern usw. in Betracht. Die Hauptmasse des Fleisches bilden die Muskeln; daneben Fett, Bindegewebe, Knochen, Drüsengewebe usw. Außer Fett, leimgebender Substanz und Salzen findet man Eiweißstoffe: Syntonin, Myosin, Muskelalbumin, Serumalbumin; ferner zahlreiche Extraktivstoffe, wie Kreatin, Xanthin, Hypoxanthin, Milchsäure; kleine Mengen Inosit und Glykogen.

Die Zusammensetzung des Fleisches (vgl. Tab. S. 184) schwankt sehr bedeutend je nach der Tierspezies, nach dem Mästungszustande und Alter des Tieres. Auch die verschiedenen Muskeln des gleichen Tieres zeigen Unterschiede, jedoch vorzugsweise nur im Fettgehalt. Viel bedeutender sind die Differenzen zwischen den einzelnen Fleischsorten in bezug auf spezifischen Geschmack, Zartheit der Faser und

Derbheit des Sarkolemms sowie des eingelagerten Bindegewebes. Für den Preis einer Fleischsorte sind diese Differenzen viel mehr maßgebend als der Gehalt an Eiweiß und Fett.

Beim Ochsen werden als die zartesten und wohlschmeckendsten Partien geschätzt: Schwanzstück, Lendenbraten, Vorderrippe, Hüftenstück, Hinterschenkelstück; die schlechtesten und billigsten sind Kopf, Beine, Hals und Wanne; die übrigen Stücke rangieren dazwischen. — Als besonders zart, fettarm und leicht verdaulich gilt das Fleisch von jungem Geflügel und Wild; letzteres hat aber starkes Bindegewebe und muß daher längere Zeit abhängen oder in saure Milch eingelegt werden. Kalbfleisch enthält mehr Wasser und Leimsubstanz und weniger Extraktivstoffe als Ochsenfleisch; übrigens ist Geschmack und Nährwert ganz abhängig vom Alter und Mastzustand. Schweinefleisch ist meist fettreich und deshalb schwerer verdaulich; als Volksnahrungsmittel besonders beliebt, weil Schweine beim Schlachten die geringsten Abfälle und leicht herstellbare Konserven liefern. Pferdefleisch hat einen unangenehm süßlichen Geschmack; außerdem kommen meist abgetriebene oder verunglückte Tiere zur Schlachtbank. Fische haben teils ein fettarmes, leicht verdauliches, teils ein durch starke Fetteinlagerung ins Sarkolemm schwer verdauliches Fleisch (Aal, Lachs). — Austern, Muscheln usw. haben großen Wassergehalt, nur 5—6 Prozent Eiweiß, und ihr absolutes Gewicht ist so gering, daß sie für die Ernährung kaum ernstlich in Betracht kommen können.

Die Ausnutzung sämtlicher Fleischsorten ist eine vorzügliche. Eiweiß und Leim werden im Mittel zu 98 Prozent, das Fett zu 95 Prozent, die Salze zu 80 Prozent resorbiert.

Der Fleischgenuß ist indes mit zahlreichen Gefahren für die Gesundheit verbunden. Erstens können im Fleisch tierische Parasiten (Trichinen, Finnen) enthalten sein, die sich im Menschen ansiedeln; zweitens können pflanzliche Parasiten der Schlachttiere im Fleisch enthalten sein; drittens kann das Fleisch nach dem Schlachten pathogene und saprophytische Bakterien aufnehmen und in den Menschen einführen; viertens sind einige seltenere und weniger wichtige Anomalien des Fleisches imstande, die Gesundheit zu beeinträchtigen.

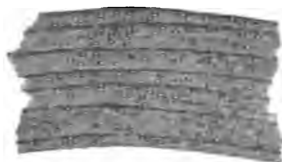
1. Tierische Parasiten des Fleisches.

a) Trichinen (Fig. 26—29). Die Trichinen werden vom Menschen fast nur im Schweinefleisch (eventuell noch im Wildschwein-, Hunde- und Bärenfleisch) genossen.

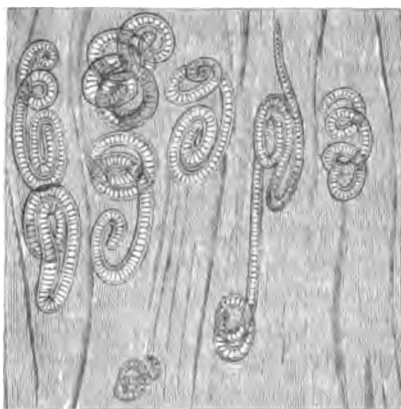
Sie finden sich in den Muskeln des Schweins in Kapseln (s. Fig. 28, 29) eingeschlossen; diese werden im Magen des Menschen gelöst, die 0·7—1·0 mm langen Würmer werden frei und wachsen im Darm, bis das Männchen 2, das Weibchen 3 mm lang ist. Nach $2^1/_2$ Tagen sind die Darmtrichinen geschlechtsreif, sie begatten sich und 7 Tage nach der Begattung beginnt jedes Weibchen mit der Geburt von 1000—1300 Embryonen. Nach 5—6 Wochen sterben die Darmtrichinen ab, die Embryonen aber gelangen von der Darmwand aus in

die Lymphbahnen und schließlich in die Muskelprimitivfasern (Fig. 27). Eine geringe Zahl von Trichinen ruft keine Krankheitssymptome hervor. Die Schwere der Erkrankung richtet sich nach der Zahl der eingewanderten Embryonen.

Die Trichinen werden beobachtet beim Schwein, bei der Katze, Ratte, Maus, beim Fuchs, Marder usw. Die Schweine akquirieren sie namentlich durch Ratten oder durch Abfälle von trichinösem Schweinefleisch. Künstlich, d. h. durch absichtliche Fütterung von trichinösem Fleisch sind sie auch auf Kaninchen, Meerschweinchen, Hunde usw. zu übertragen.


Fig. 26. Eingekapselte und verkalkte Muskeltrichinen, nat. Gr.

Die mikroskopische Untersuchung auf Trichinen erfolgt dadurch, daß $^1/_4$ cm breite und lange Streifen mit einer aufs Blatt gebogenen Schere vom roten Teil des Zwerchfelles, von den Interkostalmuskeln, von den Bauch- und Kehlkopfmuskeln abgetrennt werden. Von jedem Stück werden 6 Präparate angefertigt; die Muskeln werden etwas zerfasert und dann mit Wasser oder verdünnter Kalilauge oder


Fig. 27. Wandernde Trichinen. 80:1.

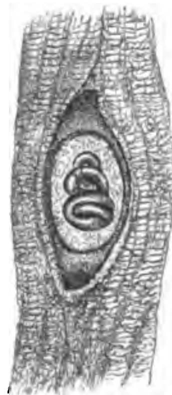

Fig. 28. Eingekapselte Trichine. 80:1.


Fig. 29. Trichine mit verkalkter Kapsel. 80:1.

Glyzerin befeuchtet; zur Besichtigung genügt 50fache Vergrößerung. — Zur Feststellung, ob die unter dem Mikroskop gesehenen eingekapselten Trichinen noch lebend und infektionsfähig sind, müssen Fütterungsversuche angestellt werden.

b) Finnen (Fig. 30, 31). Die Finnen stellen ein Entwicklungsstadium der Bandwürmer dar; werden die in Fleisch, Leber usw. angesiedelten Finnen genossen, so geht eventuell aus jeder Finne ein neuer Bandwurm hervor. — Beim Menschen kommt am häufigsten vor Taenia solium.

Bandwurm von 2—3 m Länge, dessen Kopf (von der Größe eines Stecknadelkopfes) mit Saugnäpfchen und doppeltem Hakenkranz versehen ist und am Darm haftet. Derselbe fungiert dann als Amme und aus ihm geht durch Knospung eine Reihe von Gliedern hervor. In jedem Gliede liegen nahe beieinander männliche und weibliche Geschlechtsorgane; in den letzteren entstehen befruchtete Eier, kugelig, allmählich mit dicker Haut umgeben; diese enthalten schon einen fertigen Embryo mit Häkchen. Die Bandwurmglieder und die befruchteten Eier gehen fortgesetzt mit dem Kot ab,

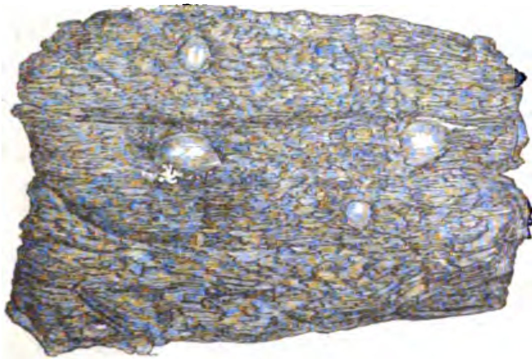


Fig. 30. Finnen im Fleisch, natürl. Gr.

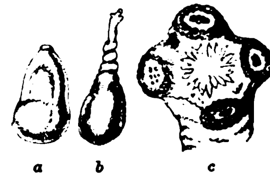


Fig. 31. Schweinefinne.
a Receptaculum. b Dasselbe mit ausgestülptem Kopf. 4:1. c Kopf mit 4 Saugnäpfen u. Hakenkranz. 40:1.

gelangen unter die Abfallstoffe, auf den Acker, in Brunnenwasser usw. Von da aus werden sie von Schweinen aufgenommen. Geraten sie in den Magen junger Schweine (unter 6 Monaten), so wird die Hülle der Eier gelöst, die Embryonen bohren sich durch die Darmwand und wandeln sich innerhalb 2—3 Monaten in irgend einem Organe, mit Vorliebe in dem intermuskulären Bindegewebe des Herzens und der Zunge, in eine Finne um (Cysticercus cellulosae).

Die Finnen erscheinen als mit bloßem Auge sichtbare 1—20 mm lange Blasen mit wässerigem Inhalt (Fig. 30). Man unterscheidet an ihnen ein eingestülptes Receptaculum und in diesem den Scolex, den neuen Bandwurmkopf (Fig. 31). Die Kapsel der Finne wird im Magen des Menschen gelöst, der Scolex wird frei und setzt sich wieder an der Darmwand fest, einen neuen Bandwurm bildend. Taenia solium haftet nur beim Menschen, die Finne kommt gelegentlich auch bei Hunden, Ratten usw. vor.

Der im Darm parasitierende Bandwurm veranlaßt oft ziemlich schwere Verdauungs- und Ernährungsstörungen. Außerdem aber kann von den menschlichen Bandwürmern aus die Cystikercenkrankheit des Menschen bewirkt werden dadurch, daß im Menschen selbst Bandwurmeier zu Finnen auswachsen (vgl. Fig. 32). Es müssen dazu Bandwurmeier in den Magen des Menschen gelangen; das kann entweder, in seltenen Fällen, durch antiperistaltische Bewegungen geschehen, sodann durch unbewußte und unabsichtliche Berührungen und Verschleppungen, die durch den bei Bandwurmkranken gewöhnlich be-

stehenden Juckreiz am After befördert werden; oder aber es können mit Wasser, rohen Gemüsen und allerhand Eßwaren Bandwurmeier eingeführt werden, namentlich wenn diejenigen, welche mit den Eßwaren beschäftigt sind (Verkäufer, Bäckerjungen, Köchinnen), am Bandwurm leiden.

Taenia mediocanellata s. saginata ist ein Bandwurm mit größeren Gliedern, ohne Hakenkranz, mit 4 Saugnäpfen, der ausschließlich beim Menschen vorkommt und dessen Finne in den Muskeln (Kaumuskeln, masseter) und inneren Organen des Rindviehs sich entwickelt.

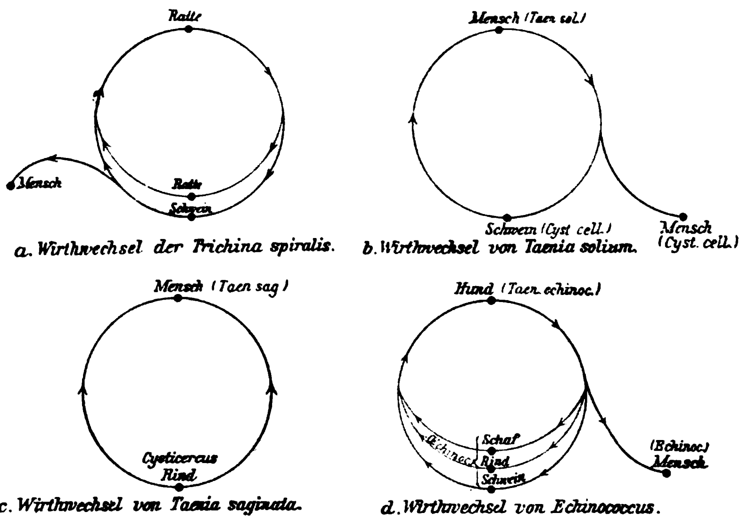


Fig. 82. Schematische Darstellung des Wirtwechsels der Fleischparasiten, nach BOLLINGER.

Der Mensch akquiriert diesen Bandwurm durch den Genuß finnigen Rindfleisches. — Für andere beim Menschen beobachtete Tänien, T. nana (häufig), T. cucunurina, T. dimimeta (selten), sind die zugehörigen Finnenträger nicht bekannt.

Botriocephalus latus kommt beim Menschen vor als Bandwurm mit kurzen, breiten Gliedern, abgeplattetem Kopf mit 2 Sauggruben, ohne Rostellum und Hakenkranz; die Finne soll im Hecht, Lachs und anderen Fischen sich entwickeln.

Taenia echinococcus lebt als Bandwurm im Darm des Hundes, wird nur 4 mm lang; die Eier gelangen mit den Hundeexkrementen auf Weide- und Futterkräuter und von da in den Magen verschiedener landwirtschaftlicher Nutztiere. In diesen kommt es zur Bildung des Finnenzustandes in Form der Echinokokken, die sich vorzugsweise in der Leber etablieren. Verfütterung des echinokokkenhaltigen Fleisches an Hunde bewirkt bei diesen die Bandwurmbildung. — Gelegentlich können die Eier auch in den Magen des Menschen

gelangen und auch der Mensch ist für die Entwicklung der Finnen geeignet. Bei innigem Zusammenleben mit Hunden geraten die Eier durch allerhand unkontrollierbare Berührungen in den Mund und Magen des Menschen. Dasselbe kann geschehen durch Vermittlung von Wasser, roh genossenen Gemüsen, z. B. Salat und dgl., die mit Hundeexkrementen verunreinigt waren. Je mehr Hunde gehalten werden und je intimer der Mensch mit ihnen zusammenlebt, um so ausgebreiteter ist die Echinokokkenkrankheit; in Island, wo durchschnittlich auf jeden Menschen 6 Hunde gerechnet werden, leidet etwa $^1/_7$ aller Menschen an Echinokokken. — Auch Taenia cucumerina, diminuta, marginata kommt bei Hunden, T. serrata bei Jagdhunden vor. Die Finne der letzteren soll in Hasen und Kaninchen gefunden sein.

Außerdem gibt es noch zahlreiche andere Würmer, Gregarinen usw. im Fleisch der Schlachttiere, die aber für den Menschen nicht gerade gefährlich sind. Hervorgehoben sei nur Distoma hepaticum, welches hauptsächlich von Schafen in Form eingekapselter Cercarien in Futterkräutern aufgenommen wird. Die Kapsel der Cercarien wird im Magen verdaut, die freigewordenen Würmchen wandern in die Gallengänge, entwickeln sich zu den sogenannten Leberegeln, und die dort produzierten Eier gehen durch die Gallenwege und den Kot ab. Aus ihnen entwickeln sich nach mehrwöchentlichem Aufenthalt im Wasser Embryonen, welche zunächst in Muscheln und Schnecken ihre weitere Entwicklung durchmachen und dann erst die Umwandlung in Cercarien erfahren. Da dieser komplizierte Entwicklungsgang eingehalten werden muß, hat der Genuß von Leberegeln keine Ansiedlung der Parasiten im Menschen zur Folge, wohl aber ist die mit Egeln besetzte Leber abnorm fäulnisfähig und ekelerregend und deshalb vom Genuß auszuschließen.

2. Übertragbare Krankheiten der Schlachttiere.

a) Perlsucht, Tuberkulose. In Preußen waren 1895 12,7 %, 1898 16 %, in Sachsen 1898 30 % aller geschlachteten Rinder und 2—3 % der Schweine tuberkulös. — Am häufigsten ist die Tuberkulose der serösen Häute; letztere sind mit hellgrauen oder bräunlichen hirsekorn- bis walnußgroßen „Perlknoten" besetzt, oft in enormer Ausdehnung, so daß das Gewicht der Neubildungen 20—30 Kilo betragen kann. — Ferner kommen oft käsige pneumonische Herde vor. — Fast stets sind die Lymphdrüsen stark entartet. Das Fleisch ist gewöhnlich fettarm und blaß. — Im Muskelfleisch finden sich selten Tuberkelbazillen und jedenfalls ist gut zubereitetes Fleisch unschädlich; doch spricht, abgesehen von der Möglichkeit einer Infektion durch rohes Fleisch, die offenbare Minderwertigkeit desselben für den Ausschluß vom Verkehr.

b) Milzbrand. An den Eingeweiden, der stark vergrößerten Milz und Leber, eventuell unter Zuhilfenahme des Mikroskops leicht zu erkennen. Im Fleisch findet man zuweilen Hämorrhagien und es zeigt einen widrig-ammonikalischen Geruch; in anderen Fällen ist durchaus keine Abnormität am Fleisch zu bemerken. — Gefährlich namentlich

für die beim Schlachten, Abhäuten, mit dem Zubereiten des Fleisches usw. beschäftigten Menschen.

c) Rotz. Knoten oder diffuse Infiltrationen auf der Schleimhaut der Nase, des Kehlkopfs, der Lunge; stark geschwellte Lymphdrüsen. Gefahr der Übertragung wie bei Milzbrand.

d) Wut. Das Fleisch, oft auch die Eingeweide sind ohne gröbere Veränderungen. Die Erkennung der Krankheit erfolgt meist durch die am lebenden Tier hervortretenden Symptome.

e) Eiterungen, Septicämie und Pyämie. Außer den Lokalaffektionen zeigen die erkrankten Tiere oft hämorrhagische Gastroenteritis, Ekchymosen auf den serösen Häuten, Milzschwellung usw. Das Fleisch ist vielfach mißfarbig. Derartige Erkrankungen können dem Menschen dadurch gefährlich werden, daß die Erreger in Wunden eindringen und Eiterung bzw. Sepsis veranlassen; oder es entstehen sog. Fleischvergiftungen.

f) Die Erreger der Fleischvergiftung. Eine der häufigsten und wichtigsten Gesundheitsschädigungen durch Fleischgenuß sind die Fleischvergiftungen. Symptomatisch und ätiologisch sind zwei Kategorien zu unterscheiden: 1) Fleischvergiftungen mit vorwiegend oder ausschließlich gastrischen Symptomen, hervorgerufen durch das Fleisch kranker Tiere und die von diesen stammenden pathogenen Bakterien. Hier ist das Fleisch sofort nach dem Tode des Tieres und in allen seinen Teilen von schädlicher Wirkung. 2) Vergiftungen, bei denen neuroparalytische Zustände in den Vordergrund treten, und die durch postmortale Wucherung gewisser Bakterien in einzelnen Teilen des aufbewahrten Fleisches bedingt sind (Wurstvergiftungen, Botulismus).

Bei der ersten Art von Fleischvergiftung treten nach einer gewissen Inkubationszeit entzündliche Erscheinungen der Verdauungsorgane in den Vordergrund; die Symptome erinnern entweder an typhöse Erkrankungen (Paratyphus), oder in anderen Fällen an Cholera nostras oder an eine mehr chronische Gastroenteritis. Sie verlaufen relativ selten tödlich; doch verhalten sich in dieser Beziehung die verschiedenen Epidemien sehr ungleich. Wiederholt konnten aus dem Fleisch der erkrankten Schlachttiere (meistens Kühe im Puerperium) bzw. aus den Organen der nach dem Genuß des Fleisches gestorbenen Menschen spezifische (etwas voneinander verschiedene) Bazillen aus der Gruppe der Colibakterien isoliert werden, welche als Erreger der Krankheit anzusehen waren. Dahin gehören z. B. Paratyphusstämme, Gärtners Bacillus enteritidis, der

GAFFKY-PAAKsche Bazillus, der B. Breslaviensis u. a. m. Über ihre Differenzierung s. unter „Paratyphus“ in Kap. IX. — Oft bewirken die von den spezifischen Bakterien bereits in dem Fleisch gebildeten Toxine, daß beim Rohgenuß des Fleisches schon wenige Stunden nach der Mahlzeit Krankheitserscheinungen auftreten; später schließt sich dann die auf Vermehrung der eingeführten Bakterien und der fortgesetzten Toxinproduktion beruhende Erkrankung an. Auch im gekochten Zustande vermochte solches Fleisch in manchen Endemien Vergiftungserscheinungen in mäßigerem Grade hervorzurufen; nachweislich werden die durch die betreffenden Coliarten produzierten Toxine durch Siedhitze zum Teil nicht zerstört. — Über die von postmortal befallenem Fleisch ausgehenden Vergiftungen s. S. 236.

g) Aktinomykose (s. Kap. IX). Übertragung auf den Menschen erfolgt nicht sowohl durch den Genuß des Fleisches, als durch Wunden der mit dem Schlachten usw. Beschäftigten.

h) Maul- und Klauenseuche. Das Fleisch bleibt unverändert und vermag die Krankheit nicht zu übertragen.

i) Pocken kommen nur bei Schafen häufiger vor, sind dann aber auf Menschen nicht übertragbar und können höchstens infolge von Eiterungen und septischen Prozessen zur Infektion Anlaß geben.

k) Schweinerotlauf. Haut hyperämisch. Bauchfell und Schleimhaut des Ileum entzündet und ekchymosiert; PEYERsche Plaques geschwollen. Über die Erreger s. Kap. IX.

Schweineseuche, mit vorwiegender Erkrankung der Lunge und Pleura, durch kurze ovale Stäbchen verursacht. — Bei beiden Krankheiten scheint nach einigen Beobachtungen das Fleisch hochgradig affizierter Tiere nicht frei von schädlichem Einfluß auf den Menschen zu sein.

l) Das Fleisch von an Rinderpest und Lungenseuche erkrankten Tieren ist in zahlreichen Fällen ohne Schaden genossen.

3. Postmortale Veränderungen des Fleisches.

Das Fleisch bildet ein vorzügliches Nährsubstrat für Bakterien. Es kann zweifellos gelegentlich auch Infektionserregern zur Ansiedelung dienen, die von erkrankten Menschen aus auf das Fleisch gelangen; doch wird meistens die Konkurrenz saprophytischer Bakterien hinderlich sein. — Letztere können sich bei feuchter Oberfläche des Fleisches und bei Temperaturen zwischen 14 und 35° rapide vermehren, aber selbst bei 7—15° noch proliferieren und sich weiter ausbreiten. Viele dieser Bakterien sind als unschädlich anzusehen, namentlich wenn das Fleisch vor dem Genuß gut zubereitet wird (Hautgoût des Wildes.) Verbreitete Fäulnisbakterien vermögen indes auch Toxine, wenngleich in relativ sehr geringer Menge, zu liefern. Durch BRIEGER sind aus zersetztem Fleisch Kadaverin, Putrescin,

Neurin, Gadinin u. a. m. als zum Teil giftige Alkaloide isoliert, die sich gerade bei wenig tiefgreifender Zersetzung zu bilden scheinen.

Von weit erheblicherer Bedeutung ist aber die Ansiedelung und Wucherung gewisser spezifischer Bakterien, des Bac. botulinus (vielleicht auch von anderen Anaëroben und von Proteusarten) im Fleisch. Der Bac. botulinus wächst anaërob und findet günstigste Lebensbedingungen im Inneren von Würsten, Pasteten, Schinken usw.; er kann auch gelegentlich in vegetabilischen Konserven zur Wucherung kommen. Aus seinen Kulturen haben van Ermengem, Brieger und Kempner ein spezifisches Toxin isoliert, welches in typischer Weise die Symptome des „Botulismus“ (Wurstvergiftung) hervorruft, wie sie vielfach nach dem Genuß gefaulten Fleisches beobachtet sind. Diese Symptome bestehen — oft nach vorübergehendem Erbrechen — in Lähmungen der Muskeln des Auges, des Schlundes, der Zunge und des Kehlkopfs und infolgedessen in Erweiterung der Pupille, Ptosis, Akkommodations- und Motilitätsstörungen des Auges, erschwertem Sprechen und Schlingen, Stuhl- und Urinverhaltung; nicht selten tritt unter den Erscheinungen der Bulbärparalyse der Tod ein.

Mit Rücksicht auf die Möglichkeit derartiger die Gesundheit schwer bedrohender Intoxikationen und mit Rücksicht auf das instinktive Ekelgefühl des normalen Menschen gegen übelriechendes und mißfarbenes Fleisch, ist jede verdorbene Ware vom Verkauf auszuschließen.

Als abnorm ist das Fleisch anzusehen, wenn es keine frischrote, sondern braune oder grünliche oder auffällige blasse Farbe hat; wenn auf Druck reichlicher, mißfarbiger, alkalisch reagierender Saft hervorquillt; wenn das Fett nicht fest und derb, sondern weich und gallertig ist; wenn das Mark der Hinterschenkel nicht fest und rosafarben, sondern mehr flüssig und bräunlich erscheint. Ist das Fleisch oberflächlich mit Lösung von Kaliumpermanganat oder mit sog. Konservesalz (s. unten) behandelt und dadurch der Geruch zeitweise beseitigt, so läßt sich dieser dennoch konstatieren, indem man ein in heißes Wasser getauchtes Messer in das Fleisch einsticht und rasch wieder hervorzieht. — Mikroskopisch zeigt verdorbenes Fleisch verschwommene Querstreifen der Muskelfasern und außerdem zahlreiche Bakterien.

Außerordentlich verbreitet ist im Fleischhandel die Sitte, dem Fleisch, besonders dem Hackfleische die frische, rote Farbe länger zu erhalten durch Beimengen von Konservesalz, das teils aus Natriumsulfit, teils aus Natriumsulfat besteht. Auf 1 Kilo Hackfleisch werden gewöhnlich 10 g des Salzes zugesetzt. Seit nachgewiesen ist, daß nach der Verfütterung von schwefligsauren Salzen bei den Versuchstieren Entzündungen und Hämorrhagien in verschiedenen Organen, namentlich Nephritiden, auftreten, ist die Verwendung eines derartigen Salzes

zweifellos als gesundheitschädlich zu beanstanden. Außerdem wird durch die künstliche Rotfärbung eine minderwertige Beschaffenheit des Fleisches nur verschleiert. Mit Recht sind daher neuerdings derartige Zusätze verboten.

4. Seltenere Anomalien des Fleisches.

Bei einigen Tieren scheint es unter Umständen während des Lebens zu einer Anhäufung giftiger Stoffwechselprodukte, vorzugsweise in der Leber, zu kommen. Es wird dies von manchen Fischen, Austern usw. behauptet; ferner sind die mehrfach nach dem Genuß von Miesmuscheln beobachteten Erkrankungen auf ein hauptsächlich in der Leber derselben zeitweise angesammeltes Gift, das Mytilotoxin, zurückgeführt.

Giftige Arzneimittel, wie Arsenik, sind wohl zuweilen im Fleisch der damit behandelten Schlachttiere nachgewiesen, aber in solchen Spuren, daß kaum eine Gefahr für die menschliche Gesundheit resultieren kann.

Als entschieden minderwertig ist das Fleisch junger Kälber anzusehen; bis zum 10. Tage liefern sie ein sehr blasses, graues, fettarmes Fleisch mit wässerigem, welkem Bindegewebe. Zwischen der 2. und 5. Lebenswoche ist es am besten zum Verkauf geeignet.

Von unangenehmem Beigeschmack und Geruch und deshalb verwerflich ist das Fleisch von männlichen Zuchttieren, von abgehetztem und an Erschöpfung verendetem Vieh.

Sehr verbreitet ist die Unterschiebung von Pferdefleisch an Stelle von Rindfleisch, namentlich in Hackfleisch, Würsten usw. Vom hygienischen Standpunkt ist dies kaum zu beanstanden, wohl aber wird der Käufer finanziell geschädigt. Die Erkennung von Pferdefleisch stieß bisher auf große Schwierigkeiten; jetzt ist sie leicht ausführbar durch die spezifischen Präzipitine im Serum von mit Pferdefleischinfus vorbehandelten Kaninchen; im wäßrigen Auszug aus Fleisch oder Wurst, denen Pferdefleisch beigemengt war, entsteht durch solches Serum bei 40° binnen 4 Minuten eine deutliche Trübung (Uhlenhuth, Nötel).

Gegen die geschilderten Gefahren des Fleischgenusses stehen uns eine Reihe von wirkungsvollen Maßregeln zu Gebote, welche teils die Haltung der Schlachttiere während des Lebens betreffen, teils in einer Fleischschau während des Schlachtens, sodann in zweckentsprechender Aufbewahrung des Fleisches und in der Zubereitung desselben vor dem Genuß bestehen.

1. Vorsichtsmaßregeln bei der Viehhaltung.

Die Kontinuität des Wirtswechsels tierischer Parasiten der Schlachttiere (vgl. Fig. 32) kann unterbrochen und damit die Gefahr der Weiterverbreitung großenteils vermieden werden durch reinliche Haltung der Ställe und reinliche Fütterung. Gibt man den Schweinen keine Gelegenheit, durch Ratten oder trichinöses Schweinefleisch Trichinen zu akquirieren, hält man namentlich die Schweineställe dicht und gegen ein Eindringen von Ratten geschützt, so ist eine Verbreitung der Trichinose unmöglich. — Beseitigungen der menschlichen Dejektionen und Fernhalten derselben von den Schweinen bzw. vom Rindvieh schützt gegen die Entwicklung der Finnen von Taenia solium und T. mediocanellata und somit gegen die Weiterverbreitung dieser Bandwürmer. — Einschränkung der Zahl der Hunde und Verhinderung des Zusammenlebens derselben mit den Schlachttieren kann die Fälle von Taenia echinococcus wesentlich verringern. Daneben ist möglichste Vernichtung alles echinokokkenhaltigen Fleisches und größte Vorsicht im Verkehr der Menschen mit Hunden indiziert.

Der Verbreitung der Zoonosen (Milzbrand, Rotz, Wut usw.) ist durch Seuchengesetze, speziell durch Anzeigepflicht, Sperren und Desinfektionsmaßregeln wirksam vorzubeugen.

Welch bedeutenden Einfluß die Art der Viehhaltung auf das Vorkommen von Parasiten beim Schlachtvieh hat, geht z. B. aus einem Vergleich der in den Regierungsbezirken Posen und Hildesheim im Durchschnitt von 7 Jahren gefundenen finnigen und trichinösen Schweinen hervor:

	Posen	Hildesheim
Es gelangten jährlich zur Untersuchung . .	75000	180000 Schweine
Davon waren finnig	253	47 „
also Promille	3·4	0·36 „
Trichinös wurden gefunden	381	7 „
also Promille	5·1	0·05 „

2. Fleischbeschau.

Für Deutschland bestimmt das Fleisschaugesetz vom 3. Juni 1900 u. a. folgendes:

§ 1. Rindvieh, Schweine usw., deren Fleisch zum Genuß für Menschen verwendet werden soll, unterliegt vor und nach der Schlachtung einer amtlichen Untersuchung.

§ 5. Die Untersuchung erfolgt durch Tierärzte und andere Personen, welche genügende Kenntnisse nachgewiesen haben.

§ 9. Fleisch, das für den menschlichen Genuß untauglich ist, darf als Nahrungs- oder Genußmittel für Menschen nicht in Verkehr gebracht werden und ist von der Polizeibehörde in unschädlicher Weise zu beseitigen.

§ 10. Ergibt die Untersuchung, daß das Fleisch zum Genusse für Menschen nur bedingt tauglich ist, so ist es zu beschlagnahmen, und die Polizeibehörde bestimmt, unter welchen Sicherungsmaßregeln es zum Genusse für Menschen brauchbar gemacht werden kann. Bevor dies geschehen, darf es als Nahrungs- und Genußmittel für Menschen nicht in Verkehr gebracht werden.

§ 21. Bei der gewerbsmäßigen Zubereitung von Fleisch dürfen Stoffe und Arten des Verfahrens, welche der Ware eine gesundheitsschädliche Beschaffenheit zu verleihen vermögen, nicht angewendet werden. Verkauf und Einfuhr solchen Fleisches ist verboten.

Auch enthält das Gesetz besondere Bestimmungen betreffs der Einfuhr von Fleisch über die Zollgrenzen. Die Einfuhr von Büchsenfleisch ist verboten.

Da pathologische Veränderungen nur selten an den Muskeln, dagegen fast regelmäßig an den Eingeweiden auftreten, so ist eine Fleischbeschau nur während des Schlachtens durch Begutachtung der inneren Organe möglich. Eine solche Fleischschau kann in zuverlässiger Weise im allgemeinen nur in einem städtischen Schlachthaus erfolgen. Sobald ein solches eingerichtet ist, steht den Kommunen nach dem Gesetz von 1868 das Recht zu, Privat-Schlachtstätten zu verbieten.

In den großen Städten sind die Schlachthäuser gewöhnlich mit dem Viehhof, mit Schienengleis nach dem Bahnhof, mit einem Börsengebäude, Markthallen, ausgedehnten Stallungen usw. verbunden (s. Fig. 33). Auf dem eigentlichen Schlachthof befinden sich: 1) das Polizeischlachthaus und Observationshaus für verdächtiges Vieh. Daselbst befinden sich auch Räume für das konfiszierte Fleisch und für dessen Vernichtung. Daneben Talgschmelze, Fellsalzerei, Düngerstätte usw. 2) Rinderschlachthallen. Entweder sind dieselben nach dem Zellensystem eingerichtet; von einer Mittelhalle, welche als Vorplatz zum Aushängen des Fleisches dient, gehen nach rechts und links kleine Abteilungen, welche von je einem oder mehreren Fleischern benutzt werden; oder es bestehen gemeinsame Schlachthallen, die nur durch Pfeiler unterbrochen sind (Fig. 34), und dieses System verdient vom hygienischen Standpunkt den Vorzug, weil dann die Beaufsichtigung leichter und infolge der gegenseitigen Kontrolle der Fleischer gleichmäßiger ist. 3) Schweineschlachthallen mit drei Abteilungen, dem Abstechraum, dem Brühraum, in welchem die getöteten Tiere abgebrüht werden, und der eigentlichen Schlachthalle. 4) Die Kühlhallen zur Aufbewahrung des geschlachteten Fleisches. 5) Eine besondere Pferdeschlächterei. 6) Wohnung für den Direktor, Untersuchungszimmer für die Fleischbeschauer usw.

Der Direktor ist Tierarzt und hat sachverständige Gehilfen. Das zugeführte Vieh kommt zunächst in die Stallungen, muß dort ruhen und wird zunächst im lebenden Zustande untersucht. Wird es nicht beanstandet, so kann es geschlachtet werden. Die dabei angewandten Methoden bestehen entweder in Betäubung und Schnitt durch Trachea und Karotiden, oder Genickstich; oder Betäubung und Einblasen von Luft durch einen Troikar in die Pleurahöhle; oder Schlag mit der Buterolle, einem Hohleisen, welches mit einem Hammer verbunden bzw. in eine Art Maske eingeschlossen ist und dem Tiere ins Gehirn getrieben wird; oder durch die sogenannten Schußmasken. Alle

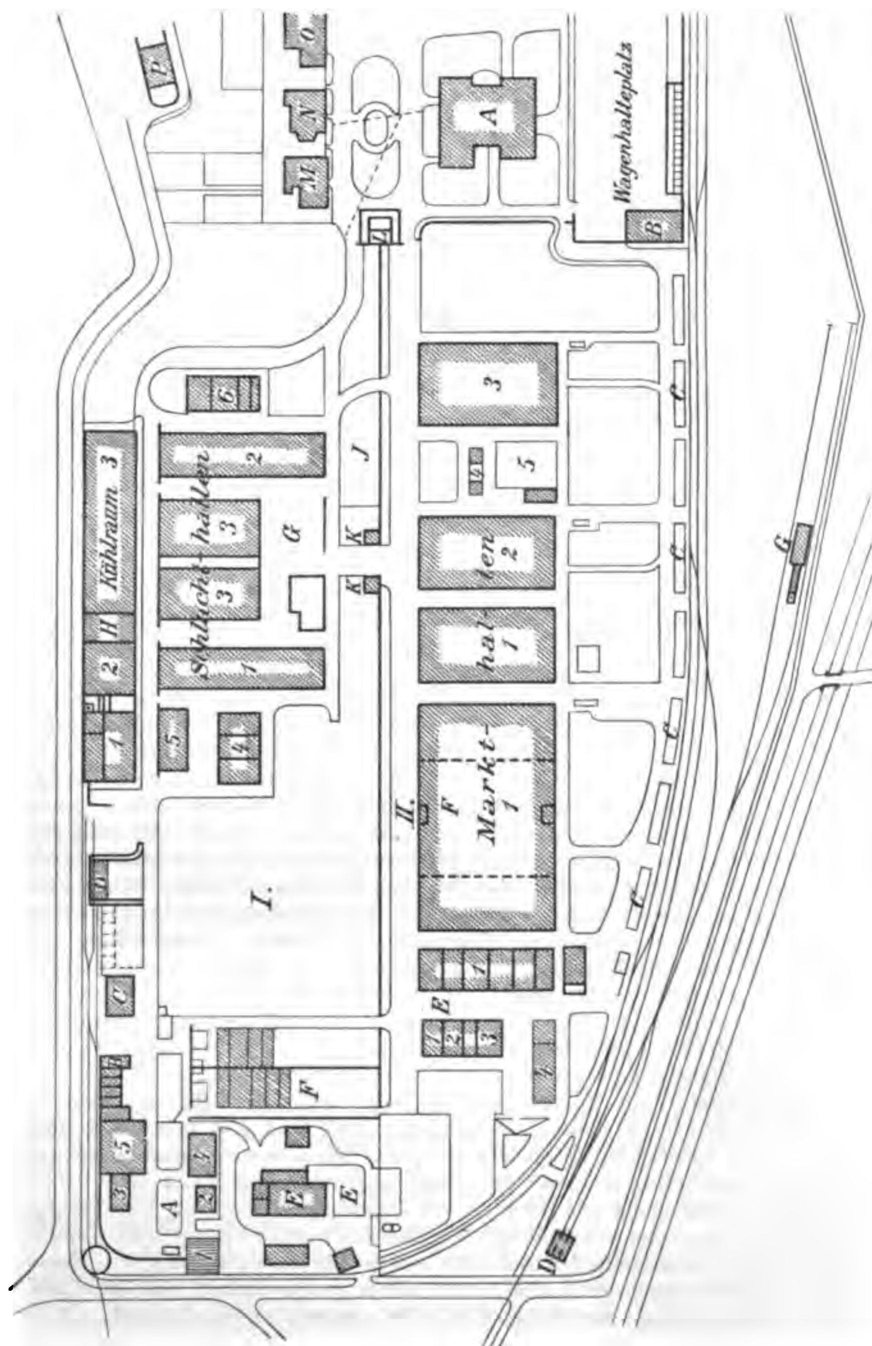

Wagenhalteplatz
Kühlraum 3
Schlacht-
hallen
Markt-
hal-
len

Fig. 33. Schlacht- und Viehhof in Breslau.

I. Schlachthof.

A Polizei-Schlachthof:
- 1 Entladeraum,
- 2 u. 3 Ställe,
- 4 Schlachthaus,
- 5 Desinfektion.

B Fellsalzerei.
C Talgschmelze.
D Düngerhaus.
E Roßschlächterei.
F Überständerhof.
G Schlachthallen:
- 1 für Großvieh,
- 2 für Kleinvieh,
- 3 für Schweine,
- 4 Stall für Großvieh,
- 5 Kuttelei
- 6 Stall für Kleinvieh.

H Kühlraum:
- 1 Maschinenraum,
- 2 Vorkühlraum,
- 3 Großer Kühlraum.

J Notstall.
K Desinf. u. Steuerhaus.
L Pförtnerhaus.
M Inspektorhaus.
N Verwaltungshaus.
O Beamtenwohnung.
P Freibank.

II. Viehmarkt.

A Börse.
B Pferdeausspannst.
C Laderampe.
D Lokomotive.
E Stallung für:
- 1 Großvieh,
- 2 Kleinvieh,
- 3 Schweine.
- 4 Streuschuppen.

F Markthallen:
- 1 für Großvieh,
- 2 für Schweine,
- 3 für Kälber u. Hammel.
- 4 Laderampe
- 5 Schweinewäsche.

G Desinfektions-Anstalt.

die letztgenannten Methoden sind ungünstig, weil dabei das Blut im Fleische bleibt und dadurch leicht ein Verderben und ein Mißfarbigwerden des Fleisches hervorgerufen wird. Daß der Nährwert des Fleisches durch das darin bleibende Blut wesentlich erhöht werde, ist unrichtig. — Nach dem Öffnen des Tieres werden die Eingeweide begutachtet und die Proben entnommen zur Untersuchung auf Trichinen (s. S. 230).

Wird das Tier als „tauglich“ erklärt, so wird es weiter zerlegt, das Fleisch gestempelt und zum Verkauf freigegeben. Im übrigen wird noch unterschieden zwischen „bedingt tauglichem“ und „untauglichem“ Fleisch. Bedingt tauglich ist 1. das Fett von Tieren mit frischer ausgebreiteter Tuberkulose, mit Finnen, Miescherschen Schläuchen und Trichinen; 2. das ganze Fleischviertel bei mäßiger Tuberkulose, wenn sich in ihm nicht mehr als eine kranke Lymphdrüse findet; 3. der ganze Tierkörper, wenn eine frische, nur auf Eingeweide oder Euter beschränkte Blutinfektion ohne hochgradige Abmagerung vorliegt, ferner bei mäßigem Schweinerotlauf und bei Finnen. Das bedingt taugliche Fleisch muß zum Genuß für Menschen durch Einwirkung von Hitze (Ausschmelzen, Kochen, Dämpfen) oder durch 3 Wochen lange Pökelung brauchbar gemacht werden; meist wird es im Dampfsterilisator (Hartmann, Rohrbeck u. a.) gekocht und in diesem Zustande auf der „Freibank“ (Fig. 33 *P*) an das Publikum verkauft. Für finniges Fleisch genügt die mindestens 21 tägige Aufbewahrung im Kühlraum.

Untauglich ist der ganze Tierkörper, wenn u. a. Milzbrand, Rauschbrand, Rinderseuche, Tollwut, Rotz, Rinderpest, eitrige oder jauchige Blut-

vergiftung, schwere Tuberkulose oder Schweineseuche, Schweinerotlauf mit erheblicher Veränderung des Muskel- und Fettgewebes vorliegt; ferner bei Trichinose mit Ausnahme des Fettes. Solches Fleisch muß durch Einwirken höherer Hitzegrade (Dämpfen im Podewilsschen Apparat, trockene Destillation, Verbrennen) oder auf chemischem Wege bis zur Auflösung der Weichteile oder durch Vergraben (tiefe Einschnitte in das Fleisch, mindestens 1 m Erdschicht) unschädlich beseitigt werden (vgl. S. 416).

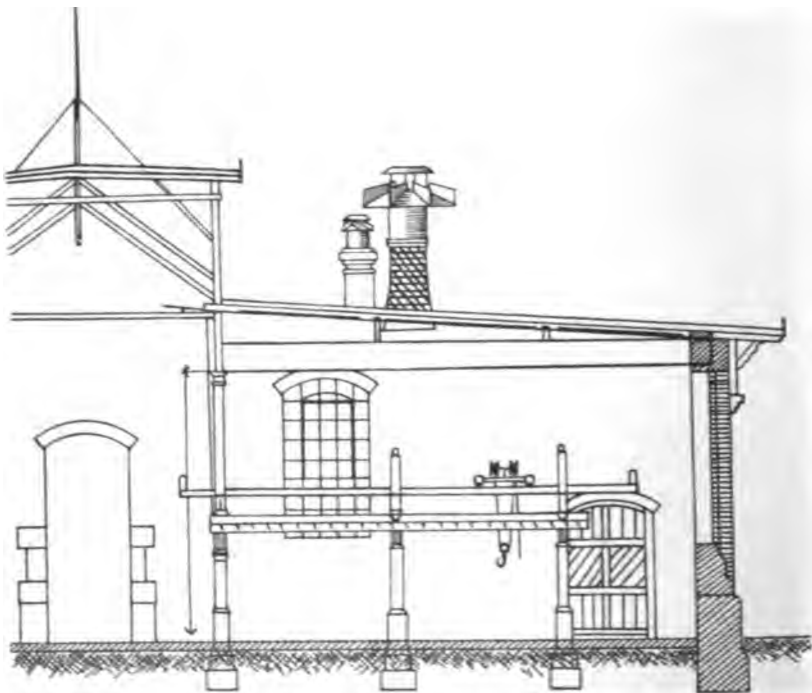


Fig. 34. Schlachthalle für Kleinvieh.

Ein besonderer Vorteil der Schlachthäuser liegt noch darin, daß das Fleisch daselbst möglichst reinlich behandelt, und daß somit der späteren Zersetzung energisch vorgebeugt wird.

Der Fußboden der Schlachthalle ist aus gerillten Fliesen hergestellt und mit solcher Neigung und mit Rinnsalen versehen, daß Verunreinigungen leicht abgeschwemmt werden können. Überall steht reichlich Wasser zur Dispositon, ebenso ist für gute Lüftung gesorgt. Von den Abfällen, die in ungeheurer Masse geliefert werden, werden die flüssigen abgeschwemmt, wobei die festen Partikel durch Siebeimer zurückgehalten werden; der Dünger und Kehricht wird abgeholt und als wertvolles Düngemittel verwandt.

3. Aufbewahrung des Fleisches nach dem Schlachten.

Ein sofortiger Genuß des frisch geschlachteten alkalisch reagierenden Fleisches ist zu widerraten, weil dasselbe zäh ist und leicht einen faden, widerlich süßen Geschmack hat. Erst wenn das Fleisch 2—3 Tage aufbewahrt war, wird durch die sich bildende Säure das intrafibrilläre Bindegewebe und das Sarkolemm gelockert, und gleichzeitig entwickeln sich kräftige und angenehme Geschmacksreize. Es fragt sich, wie diese Aufbewahrung des Fleisches vor sich gehen soll, ohne daß Saprophyten, Infektionserreger oder üble Gerüche in das Fleisch eindringen.

Vielfach wird das Fleisch im Eisschrank aufbewahrt; es ist dies jedoch eine unzulängliche Methode. Bei der Temperatur des Eis-

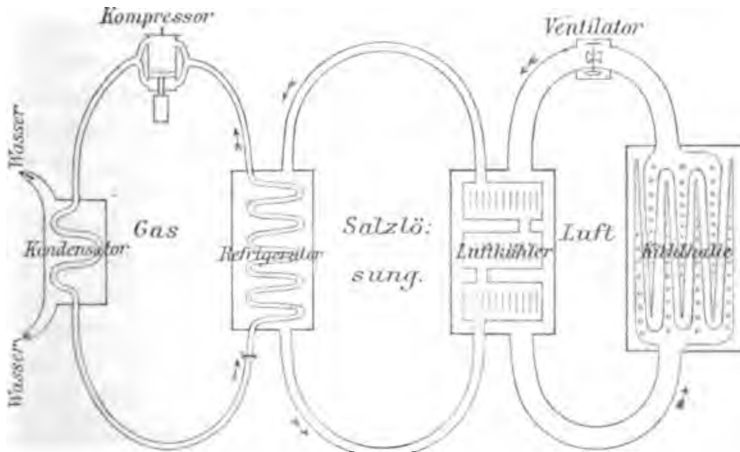


Fig. 35. Kühlanlage.

schrankes (7—12°) hört das Bakterienwachstum durchaus nicht auf; dazu kommt, daß sich im Eisschrank fortwährend Wasserdampf aus der Luft kondensiert und die Oberfläche des Fleisches allmählich sehr stark durchfeuchtet wird. Gerade diese weiche Oberfläche bietet dann den Bakterien einen vorzüglichen Nährboden. Auch der Geschmack des im Eisschrank gehaltenen Fleisches leidet erheblich.

Ein weit richtigeres Verfahren besteht darin, daß man das Fleisch in bewegter Luft abhängen läßt, so daß die Oberfläche eintrocknet. Es ist dann den Bakterien nicht möglich, in der oberflächlichen Schicht zu wuchern und von da in die Tiefe zu dringen. Ein solches Abhängen gelingt eben in den Kühlhallen der Schlachthäuser.

In Lindeschen Eismaschinen wird durch einen Kompressor Ammoniak (oder Luft) komprimiert, die dabei entstehende Wärme durch Kühlung mit Wasser beseitigt; das gekühlte komprimierte Ammoniak läßt man durch ein Ventil in den Refrigerator ausströmen, d. h. in Röhren, welche ein Gefäß

mit Salz-(Chlorkalzium-)Lösung durchziehen; durch die plötzliche Expansion des Gases erfolgt intensive Abkühlung der Salzlösung. Das Ammoniakgas gelangt darauf wieder in den Kompressor und beginnt seinen Kreislauf aufs neue.

Die im Refrigerator unter 0° abgekühlte Salzlösung wird zu einem Behälter, dem Luftkühler, geleitet, in welchem sie über eine große Oberfläche (rotierende poröse Scheiben) strömt; dort tritt Luft, die mittels Ventilators eingetrieben wird, in innige Berührung mit der kalten Salzlösung. Letztere fließt, nachdem sie ihre Kälte an die Luft abgegeben hat, zum Refrigerator zurück.

Die gekühlte Luft tritt durch Rohre unter der Decke des Kühlraums aus, senkt sich nach abwärts, erwärmt sich allmählich, bekommt dadurch ein größeres Sättigungsdefizit und austrocknende Wirkung auf die Oberfläche des aufgehängten Fleisches, steigt bei weiterer Erwärmung allmählich nach oben, und wird von an der Decke gelegenen Röhren, deren Öffnungen nach oben gekehrt sind, aufgenommen und wieder dem Luftkühler zugeführt.

Im übrigen ist bei der Aufbewahrung des Fleisches und in den Fleischerläden selbstverständlich die größte Reinlichkeit notwendig; jede engere Verbindung der Verkaufslokale mit Wohn- und Schlafräumen ist zu verbieten. In Fällen von infektiösen Krankheiten innerhalb der Familie des Fleischers ist ähnliche Sorgsamkeit notwendig, wie sie bezüglich der Milchwirtschaften gefordert wurde (s. S. 205).

4. Zubereitung des Fleisches.

In Anbetracht der zahlreichen Gefahren, welche mit dem Genuß des rohen Fleisches verbunden sein können, sollte das Fleisch **niemals** im rohen Zustande genossen werden, auch dann nicht, wenn eine geordnete Fleischschau besteht. Einzelne Finnen werden z. B. sehr leicht übersehen, aber selbst eine einzige genügt, um einen Bandwurm hervorzurufen; ebenso ist es nicht möglich, die Trichinenschau überall in hinreichend zuverlässiger Weise durchzuführen. — Soll ausnahmsweise einmal rohes Fleisch genossen werden, so ist es wenigstens aus bekannter Quelle im ganzen Stück zu beziehen. Das rohe Fleisch besitzt keinen höheren Nährwert und ist nicht leichter verdaulich als das präparierte. Für gewöhnlich soll daher Kochen oder Braten des Fleisches oder aber zuverlässiges Konservieren desselben dem Genusse vorausgehen.

a) Kochen und Braten.

Durch mäßige Hitze werden die Parasiten fast ausnahmslos zerstört. Trichinen sterben bei 65° ab, Finnen bei 52°, die meisten Kontagien bei einer Hitze von 60—65°, die etwa $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde einwirkt. Nur manche Toxine bleiben auch nach Einwirkung höherer Temperaturen unzersetzt. — In gut gekochtem und gebratenem Fleisch steigt selbst im Innern die Temperatur regelmäßig auf 60—70°, die also zur Tötung der Parasiten ausreichen.

Allerdings dringt die Hitze in größere Stücke nur langsam ein; beispielsweise zeigt ein Stück Fleisch von $3^1/_2$ Pfund in kochendem Wasser erst nach

$1^1/_2$ Stunde eine Temperatur von 62° im Innern. Halb gar gebratenes Fleisch, aus welchem beim Schneiden nur mühsam trüber Saft hervorquillt, und bei welchem also auch noch keine Gerinnung des Myosins stattgefunden hat, bietet natürlich auch keine Garantie gegen Parasiten.

Das Fleisch wird durch das Kochen und Braten nur in geringem Grade verändert. Beim Kochen wird es in 2 Teile zerlegt, das Eiweiß gerinnt, es wird Flüssigkeit ausgepreßt und es entsteht so 1. die Brühe. Diese enthält sehr wenig feste Substanzen, nur $2^1/_2$—$3^1/_2$ Prozent, von welchen über die Hälfte anorganische Salze sind. Die wertvollen Bestandteile, insbesondere die Eiweißstoffe, Myosin, der Blutfarbstoff bleiben ganz im Fleisch und nur unwägbare Spuren von Albumin gehen in die Brühe über, gerinnen dort durch die Hitze und werden mit dem hauptsächlich aus Fett bestehenden sogenannten Schaum abgeschöpft. Bei Knochenzutat löst sich in der Brühe noch etwas Leim, von 1 kg etwa 20 g. Jedenfalls bekommen wir in der Brühe immer nur eine außerordentlich kleine Menge von Nährstoffen, so daß sie lediglich als Genußmittel angesehen werden kann. 2. Das gekochte Fleisch. Dasselbe hat viel Wasser und Extraktivstoffe, aber nur eine sehr geringe Menge Nährstoffe verloren. 100 Teile frisches Fleisch geben 57 Teile gekochtes. Wird das Fleisch zunächst mit Wasser ausgelaugt und dann erhitzt, so wird es hart, zäh und geschmacklos aber durch feines Zerkleinern, Hacken und Schaben ist es gleichwohl verdaulich und nahrhaft zu machen. Besser von Geschmack bleibt es, wenn man große Stücke gleich in siedendes Wasser einbringt. Es bildet sich dann an der äußeren Fläche eine Hülle von geronnenem Eiweiß, welche das Innere vor weiterer Auslaugung schützt. Die Brühe wird in diesem Falle weniger schmackhaft, ist aber leicht durch Extrakt aufzubessern. — Gebratenes Fleisch hat etwa die gleiche Konzentration wie gekochtes, 100 Teile frisch entsprechen 56 Teile Braten; im übrigen hat es seine Beschaffenheit wenig verändert. Sehr bald bildet sich auf der Oberfläche eine undurchlässige Kruste, so daß das Innere saftig bleibt. Das Bindegewebe wird in Leim verwandelt, das Myosin gerinnt; das Fleisch wird dadurch leichter verdaulich als in rohem Zustande; die brenzlichen Röstprodukte geben außerdem einen angenehmen Geschmacksreiz. Mit der Sauce zusammengenossen, welche viel Fett und namentlich freie Fettsäuren enthält, wird es von empfindlichen Menschen schlecht ertragen; dagegen ist es im kalten, feingeschnittenem oder geschabtem Zustande außerordentlich leicht verdaulich.

b) Konservierungsmethoden.

Wegen der schlechten Haltbarkeit des Fleisches sind seit Jahren viele Versuche zur Konservierung desselben gemacht. Zum Teil ver-

wendet man Mittel, welche die Fäulniserreger töten. Diese töten dann zugleich auch die Kontagien, Finnen und Trichinen, und solche Konserven sind ohne weitere Zubereitung genießbar und vom hygienischen Standpunkt in keiner Weise zu beanstanden. Andere Mittel bewirken nur eine gewisse Hemmung der Bakterien und verhindern lediglich eine so starke Wucherung, daß Fäulniserscheinungen auftreten. In diesem Falle bleiben die etwa vorhandenen pathogenen Bakterien und tierischen Parasiten eventuell lebendig und die Konserven bedürfen dann der besonderen Zubereitung vor dem Genuß. — Alle Konservierungsmethoden dürfen keine giftigen Stoffe in das Fleisch hineinbringen und dürfen den Nährwert und den Geschmack des Fleisches nicht beeinträchtigen. Vorzugsweise in Betracht kommen folgende Methoden:

1. Kälte. Dieselbe wirkt entwicklungshemmend, tötet aber nur wenig Bakterien (s. Kap. IX). Trotzdem hat man auch die Kälte zu einer längeren Konservierung des Fleisches zu verwenden und namentlich die großen Fleischvorräte Südamerikas und Australiens in Eispackung auf den europäischen Markt zu bringen versucht. Das Fleisch geht aber, sobald es aus der Eispackung herauskommt, in so außerordentlich schneller Weise in Fäulnis über, daß ein Verkauf in vielen Fällen unmöglich wird. — Bessere Resultate sind in der Neuzeit erzielt mit Anwendung von Kaltluftkammern, die ähnlich wie die Kühlräume der Schlachthäuser eingerichtet sind.

2) Wasserentziehung. Eine rasche Eintrocknung der Oberfläche verhindert für lange Zeit den Eintritt der Fäulnis. Von diesem Mittel wird z. B. an allen Orten ausgiebiger Gebrauch gemacht, wo eine lebhafte Windbewegung und eventuell ein niederer Luftdruck die Wasserverdunstung begünstigt, z. B. auf hohen Bergen. In Südamerika benutzt man seit langer Zeit die Sonnenwärme zum Austrocknen des Fleisches. Das Fleisch von mageren, abgetriebenen Tieren wird in Streifen geschnitten der Sonne ausgesetzt; da es aber nicht gelingt, dadurch die letzten Mengen von Wasser fortzubringen, muß das Fleisch noch mit Kochsalz und Borsäure eingerieben werden, um vollkommen haltbar zu werden. In dieser Form kommt es als Tassajo oder Charque in den Handel, ist aber für Europäer kaum genießbar. — Ein besseres Fabrikat wurde früher unter Anwendung von heißer Luft hergestellt, die sogenannte Carne pura. Auch dabei war indes ein gewisser Kochsalzzusatz zur völligen Konservierung des Präparates nötig. Das getrocknete Fleisch kam in pulverförmigem Zustande in den Handel (vgl. S. 191).

3) Salzen, Pökeln. Imprägniert man das Fleisch mit einer 8—25prozentigen Salzlösung (meist unter Zusatz von etwas Salpeter) oder legt man das Fleisch trocken in ein Salz-Salpetergemenge, so wird ein großer Teil der Bakterien getötet und alle werden an der Wucherung verhindert. Finnen sind nach 21tägigem Pökeln in 25prozentiger Salzlake abgestorben. Das Verfahren wird bei Rind- und Schweinefleisch und bei Fischen (Hering, Lachs, Sardellen) angewendet. Der Nährwert wird etwas verringert, die Verdaulichkeit scheint nicht zu leiden.

4) Räuchern. Das Fleisch wird in einer Räucherkammer dem abgekühlten Rauch von Buchen- oder Eichenholz, eventuell auch Wachholdersträuchern, ausgesetzt. Daneben findet ein starker Luftzug und durch diesen

ziemlich erhebliche Austrocknung statt; oft werden die Fleischwaren vorher stark mit Salz imprägniert. — In neuerer Zeit hat man außerdem eine sogenannte Kunst- oder Schnellräucherung eingeführt, welche nur im Eintauchen des Fleisches in eine Mischung von Wasser, Holzessig und Wachholderöl besteht. Bei dem letzteren Verfahren werden die Kontagien und Parasiten durchaus nicht vollständig getötet. Dagegen sind in den langsam in Räucherkammern geräucherten und stark ausgetrockneten Fleischwaren gewöhnlich keinerlei lebende Parasiten mehr enthalten. Finnen haben überhaupt eine Lebensdauer von nur wenig über 5 Wochen, werden also in solchen Konserven niemals gefunden. — Die verbreitetsten Konserven, Schinken und Würste, sind seit Einführung der Schnellräucherung nicht ohne Bedenken zu genießen, sobald man über ihre Herkunft und die Art ihrer Herstellung nicht unterrichtet ist. Zu Würsten werden außerdem erfahrungsgemäß alle möglichen Fleischabfälle, die sich anderweit nicht verwerten lassen, verbraucht. Sehr oft tritt in denselben nachträgliche Fäulnis ein, namentlich im Inneren voluminöser Präparate, wo die Hitze bzw. der Rauch nicht ordentlich eingedrungen ist. Daher die Gefahr der Wurstvergiftung, welche bereits S. 236 näher geschildert wurde.

5) Chemikalien wie Borsäure, Salizylsäure sollten zur Konservierung des Fleisches nicht verwendet werden, da beide sich nicht indifferent gegen den menschlichen Organismus verhalten. Neuerdings werden auch Kohlensäure und Formalin zu Konservierungsversuchen benutzt.

6) Erhitzen in bakteriendicht verschlossenen Gefäßen. Schon Übergießen des Fleisches mit heißem Fett führt zu einer langen Konservierung desselben; die anhaftenden Bakterien werden dabei getötet, der Zutritt neuer Bakterien durch die Fetthülle verhindert. In solchem Zustande kann sogar Fleisch über See transportiert werden. — Am vollkommensten geschieht die Konservierung in Blechbüchsen (Appertsches Verfahren). In denselben wird das Fleisch zunächst erhitzt, dann werden die Büchsen zugelötet und die Erhitzung noch eine Zeit lang fortgesetzt. Dabei werden alle Bakterien und alle Kontagien sicher getötet. Früher kamen in dieser Form z. B. aus Amerika Zungen, das Corned Beef usw. Diese standen aber den heimischen Präparaten dadurch nach, daß infolge des langen Kochens das Bindegewebe gelatinös geworden war und dadurch die zähe Faserung des Fleisches stärker hervortrat. Außerdem stammte das Fleisch fast niemals von Masttieren, sondern meist von abgetriebenem Vieh. Jetzt ist die Einfuhr von Büchsenfleisch nach Deutschland verboten.

7) Seit langen Jahren werden die zahllosen Rinderherden Südamerikas auch dazu verwertet, aus dem Fleisch derselben Fleischextrakt herzustellen. Zu dem Zwecke wird das zerhackte magere Fleisch mit Wasser gekocht, das Albumin und Fett abgeschöpft, die Brühe eingedampft bis zur dicken Sirupkonsistenz. Ein Rind liefert etwa 5 kg Fleischextrakt. Außerdem werden die Schlachtabfälle zu einem Dungmittel, dem Fleischknochenmehl, verarbeitet. Das ausgekochte Fleisch wird zermahlen, mit Kochsalz und Kaliumphosphat versetzt und als Fleischfuttermehl für Schweine verkauft. — Der Fleischextrakt enthält 17 Prozent Wasser, 20 Prozent Salze, 63 Prozent organische Stoffe, die größtenteils aus Extraktivstoffen, zu etwa 20 Prozent aus löslichem Eiweiß bestehen. Der Fleischextrakt ist daher ein Genuß- und Reizmittel mit nur sehr geringem Nähreffekt. Auch die neueren, im flüssigen Zustande unter Zusatz von viel Kochsalz präparierten Fleischextrakte (Cibils, Maggi usw.) sind nicht sowohl Nähr- als vielmehr Genußmittel (s. unten).

Im folgenden sei noch besonders auf einige möglichst leicht verdauliche Fleischpräparate für Kranke und Rekonvaleszenten hingewiesen. — Vielfach hat man versucht, flüssige oder breiartige Präparate aus dem Fleische zu gewinnen. In dieser Absicht ist z. B. hergestellt:

Extractum carnis frigide paratum (Liebig); früher offizinell. Fein zerhacktes Fleisch wird mit 1 p. m. Salzsäure $^1/_2$—1 Stunde mazeriert, die rötliche Brühe dekantiert. Es geht Syntonin in Lösung; Kochsalz darf nicht zugesetzt werden, da sonst Fällung eintreten würde. Enthält 2·4 Prozent feste Bestandteile, 1·3 Prozent Eiweiß; in einer Tasse also kaum 3 g Eiweiß, daher nicht nährend.

Beef tea. 300 g fettfreies Fleisch in kleine Würfel geschnitten, ohne jeden Zusatz in einer weithalsigen Flasche mit lose aufgesetztem Kork in warmes Wasser gestellt, letzteres langsam erhitzt und 20 Minuten im Sieden gehalten. Die abgegossene gelbe Brühe (ca. 100 ccm) enthält: 7·3 feste Bestandteile; darin 5·5 organisch, etwas fein suspendiertes Eiweiß, etwas Pepton und Leim. — Als Nährmittel ungeeignet, aber von kräftigem Geschmack und bei Zugabe von nährenden Präparaten zu empfehlen.

Succus carnis. Das fein zerhackte Fleisch wird in Lagen von je 250 g durch grobe Leinwand getrennt unter eine Fleischpresse gebracht. 1 Kilo Fleisch liefert 230 g Saft, welcher 6 Prozent Eiweiß, in einer Tasse also 12—14 g, enthält. Vor dem Genuß ist der Saft auf 40° zu erwärmen und reichlich mit Salz und Gewürz (Fleischextrakt) zu versetzen. Bei höherer Temperatur würden die Eiweißstoffe koagulieren. — Das Präparat leistet eine nicht unerhebliche Eiweißzufuhr, aber für sehr hohen Preis, und ist von unangenehmen Geschmack.

Zahlreiche Versuche gehen ferner darauf aus, das Eiweiß des Fleisches zu peptonisieren. Bei der Magenverdauung und bei der künstlichen Verdauung entstehen bekanntlich zunächst vorwiegend Albumosen, sehr leicht lösliche und verdauliche, durch Salpetersäure noch fällbare Vorstufen der Peptone; erst späterhin überwiegen die nicht mehr fällbaren Peptone. Auf die Albumosen ist es bei Herstellung der Peptonpräparate in erster Linie abgesehen; dieselben haben nur faden, nicht unangenehmen Geschmack, während die Peptone wegen ihres bitteren, brenzlichen und adstringierenden Geschmackes durchaus nicht für Ernährungszwecke geeignet sind. — Präparate von Liebig-Kemmerich mit ca. 35 Prozent Albumosen, Extraktkonsistenz. Somatose, Fleischalbumose in Pulverform. Tropon s. S. 191. — Fluidbeef, Fluidmeat, Fleischsaft Puro, Fleischsaft Karno, in flüssiger Form mit 20 bis 30 Prozent löslichem Eiweiß. — In Abwechslung mit diesen Fleischpräparaten können Eiweißpräparate aus Milch: Nutrose, Plasmon (Kaseïn-Natrium), Eukasin (Kaseïn-Ammoniak), alle in Pulverform; oder aus Getreide: Roborat, Aleuronat, Verwendung finden; auch aus Hefe werden neuerdings eiweißreiche Präparate hergestellt.

Sobald als möglich sollte dem Rekonvaleszenten bezw. Kranken statt dieser für längere Zeit sehr ungern genossenen und übermäßig teueren Präparate, festes aber fein verteiltes Fleisch gereicht werden. Geschabtes bezw. fein zerhacktes gebratenes oder gekochtes Fleisch, das in der Suppe suspendiert werden kann, ist außerordentlich leicht

verdaulich. Als Fleischsorten sind dazu Geflügel, Rindsfilet, Kalbfleisch usw. geeignet.

Nicht zu vergessen ist, daß es bei Rekonvaleszenten von vornherein weniger darauf ankommt, größere Mengen Eiweiß zuzuführen, als vielmehr Kohlehydrate (s. S. 174). Daher ist anfangs eine Kombination der obengenannten Brühen und flüssigen Fleischpräparate, auch wenn sie nicht viel Eiweiß enthalten, mit leicht verdaulichen Kohlehydraten (s. unten) zweckmäßig.

Anhang. Eier. Eier bieten eine sehr eiweißreiche Nahrung, die auch gut ausgenutzt wird, das Eiweiß zu 97 Prozent, das Fett zu 95 Prozent. Am leichtesten verdaulich sind sie in feinster Zerteilung als Emulsion in Suppe, Bier usw., ferner weich gekocht und gut zerkleinert. Hart gekochte Eier sind schwerer verdaulich, weil der Magensaft nur sehr langsam die Koagula durchdringen kann. Empfindliche Individuen und namentlich Kinder vertragen die Eier oft schlecht, höchstens im rohen Zustande in Form der Emulsion. — Der Nährwert der Eier wird vielfach überschätzt. Das genossene Quantum ist für gewöhnlich zu gering. Ein Ei hat etwa 50 g Inhalt, darin 19 g Dotter und 31 g Eiweiß. In den 19 g Dotter sind 3 g Eiweiß und 4 g Fett enthalten, außerdem 2 g Lecithin, Nukleïn usw. In den 31 g Eierweiß sind 27 g Wasser und nur 4 g Eiweiß. Zusammen liefert also ein Ei etwa 7 g Eiweiß und 4 g Fett an Nährstoffen, außerdem relativ viel Eisen.

Beim Aufbewahren von Eiern tritt Wasserverlust ein. Daher sinken sie später in 10prozentiger Kochsalzlösung unter (Eierprobe). Konservierbar sind sie durch Einlegen in Kalkwasser, wobei die Poren durch kohlensauren Kalk verschlossen werden, oder Bestreichen mit Fett, Vaselin usw. Im Handel existieren Konserven von Albumin, die vielfach technische Verwendung finden; ferner Eidotter-Konserven, die sich nur langsam im Wasser lösen.

Literatur: Ostertag, Handbuch der Fleischbeschau, 4. Aufl. 1902. — Hofmann, Die Bedeutung der Fleischnahrung und Fleischkonserven, Leipzig 1880. — Osthoff, Schlachthöfe und Viehmärkte. Weyls Handbuch der Hygiene VI. 1. 1894. — Edelmann, Fleischbeschau, ibid. III. 2, 1896. — v. Leyden, Handbuch der Ernährungstherapie und Diätetik, Leipzig 1897. Teil 1. — B. Fischer, Fleischvergiftung, Zeitschr. f. Hyg. Bd. 39.

5. Vegetabilische Nahrungsmittel.

a) Getreide, Mehl, Brot.

An den Getreidekörnern ist die Fruchthülle und der Kern zu unterscheiden; von außen nach innen folgt auf eine Reihe von Zelluloseschichten, deren Struktur aus Fig. 36 zu ersehen ist, die an Eiweiß besonders reiche sogenannte Kleberschicht, dann der Mehlkern mit reichlichen Stärkezellen; knetet man das Mehl des Mehlkerns im Seihtuch unter Wasser, so bleibt der Kleber als fadenziehende Masse zurück. Die ganzen Körner enthalten im Mittel 14 Prozent Wasser und 86 Prozent feste Teile, unter letzteren 11 Prozent Eiweißstoffe, 2 Prozent Fett, 67 Prozent Stärke. Vor dem Vermahlen sind die Getreidekörner zunächst durch Reinigungsmaschinen von außen anhaftendem Schmutz und Beimengungen zu befreien, und zwar der Reihe nach zuerst von Staub und

Brandsporen, dann von Spreu und Stroh, dann von den kugeliger Unkrautsamen. Sodann sind sie durch Schälmaschinen von der wertlosen bzw. störenden Hülse, Frucht- und Samenhaut, zu befreien (Dekortikation). Durch das Mahlen wird dann das Korn in zwei Anteile zerlegt; die Kleberschichten sind zäher und elastischer, während der spröde Mehlkern leicht in Pulver zerfällt. Der vorzugsweise aus Stärke und wenig Eiweiß bestehende Kern kann daher von jenen nur grob zerkleinerten, eiweißreichen Teilen der Hülle durch Beuteln oder Sieben getrennt werden. Die äußeren Partien des Korns sind außerdem grau gefärbt; das Mehl wird daher um so dunkler und gröber, je mehr es von

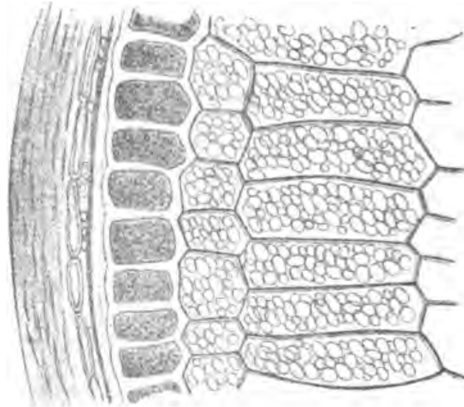


Fig. 36. Querschnitt durch ein Weizenkorn, 150 : 1.

den äußeren Schichten enthält. Bei der sogenannten Hoch- oder Griesmüllerei, wo die Walzen bzw. Steine anfänglich weit voneinander stehen und allmählich einander genähert werden, bekommt man die meisten Sorten und zu Anfang die feinsten Mehle; bei der Flachmüllerei stehen die Steine von Anfang an nahe und durch die von Anfang an gewaltsame Zerkleinerung wird die Schale zum Teil in feine Splitter zerteilt, die sich dem Mehl beimengen und ihm eine graue Farbe geben.

Die verschiedenen Getreide und die verschiedenen Mehlsorten aus dem gleichen Getreide zeigen relativ geringe Differenzen in der chemischen Zusammensetzung. Die gröberen Sorten und die Kleie enthalten aus den oben angeführten Gründen die größte Eiweißmenge. Dies Plus von Eiweißstoffen ist indes zum Teil nicht ausnutzbar; die Zellulosehüllen der Kleberschicht sind schwer durchdringlich und ihre Zutat verringert außerdem noch die Ausnutzung der übrigen Nährstoffe (s. S. 177).

Auch in bezug auf ihren Nährwert zeigen die einzelnen Getreidearten nur relativ geringfügige Unterschiede.

Das Mehl ist im rohen Zustande schwer verdaulich; es müssen vorerst die Hüllen der Stärkekörner gesprengt, die Stärke zum Quellen und zur Kleister- oder Dextrinbildung gebracht werden. Ferner muß das Eiweiß in den ge-

ronnenen Zustand übergehen. Es gelingt dies alles z. B. durch Erhitzen des Mehls mit Wasser. So lassen sich Suppen und Breie bereiten, die aber relativ wenig feste Substanz enthalten, außer beim Reis, in dem leicht die ganze Tagesration von Kohlehydraten geliefert werden kann. Zu Suppen verwendet man zweckmäßig Mehlpräparate wie Nudeln und Makkaroni; oder Sago (Reis- und Maisstärke), Graupen (kugelförmig gemahlene Gersten- und Weizenkörner), Gries (vermahlener Weizen), Grütze (geschälte und geschrotete Körner von Hafer, Buchweizen u. dgl.). Versucht man einen gehaltreicheren, konservierbaren Teig aus Mehl und Wasser herzustellen, so resultiert eine kompakte, schwer verdauliche Masse; dieselbe wird erst brauchbar, nachdem sie durch die Brotbereitung porös und locker geworden ist.

Die Lockerung läßt sich beim Brotteig erreichen durch im Innern desselben entwickelte Gase und zwar deshalb, weil der Teig stark zusammenbäckt, so daß die Gase nicht glatt entweichen, sondern die zähe Masse nur auseinander treiben. Kleberfreie, nicht backende Mehle sind zur Brotbereitung ungeeignet.

Das Gas kann bei sehr zäher Masse Wasserdampf sein. Brot wird dadurch nur, wenn es viel Eiweiß enthält, etwas gelockert (Graham-Brot). Meist benutzt man Kohlensäure, die entweder aus mineralischem Material entwickelt wird, z. B. Natron bicarbonicum + Salzsäure; oder Liebig-Horsfords Backmehl, bestehend aus saurem Kalziumphosphat und Natrium bicarb.; oder Natr. bicarb. + Weinsäure; oder Ammoniumkarbonat (Hirschhornsalz). Es kann auch die aus Mineralien entwickelte Kohlensäure durch Maschinen, welchen außerdem die ganze Bereitung des Teiges obliegt, in das zum Backen verwendete Wasser und somit in den Teig eingepreßt werden (Dauglischs Verfahren).

Gewöhnlich benützt man Hefe oder Sauerteig, erstere in Form der Preßhefe, oft mit zahlreichen Bakterien verunreinigt. Der Sauerteig stellt eine noch unreinere, meist vorwiegend aus Spaltpilzen bestehende Hefe dar, die von einem Backtermin zum andern aufbewahrt wird. Beide werden in folgender Weise verwendet: 100 Teile Mehl werden mit 80 Teilen Wasser von 42° angemengt, so daß der Teig eine Temperatur von 33° zeigt. Es kommt dann zunächst ein in den Getreidekörnern enthaltenes diastatisches Ferment zur Wirkung, welches die Stärke teilweise in Dextrin und Maltose überführt. Durch Zumengen der Hefe bzw. des Sauerteiges wird nun die Maltose in Gärung versetzt, es entsteht reichlich Kohlensäure, daneben Alkohol und verschiedene andere Produkte. Vorzugsweise scheint bei dieser Gärung die Hefe beteiligt zu sein; von Spaltpilzen namentlich der durch starke CO_2-Bildung ausgezeichnete, zur Koli-Gruppe gehörige Bac. levans. Nebenbei entsteht, am reichlichsten beim Sauerteig, Essigsäure und Milchsäure. — In 2—12 Stunden ist der Teig aufgegangen; er wird dann bei 200—270° 30—80 Minuten lang gebacken.

Beim Backen des Brotes verdunstet ein Teil des zugefügten Wassers, so daß aus 100 Teilen Mehl 120—135 Teile Brot hervorgehen. Ferner geht durch die Gärung 1—2 Prozent der festen Substanz verloren. Die Fermente werden durch die Backhitze vollständig auch im Innern des Brotes getötet bezw. unwirksam gemacht. Die Stärke und die Eiweißkörper sind nach dem Backen wesentlich verändert, erstere zum Teil in Kleister, teils in Dextrin und Gummi

verwandelt; das Pflanzenalbumin und der Kleber ist in den geronnenen unlöslichen Zustand übergeführt. Auf der äußeren Kruste entsteht aus dem Dextrin das angenehm schmeckende Röstbitter. Dabei bildet das Brot eine poröse, lockere Masse, die sehr leicht von den Verdauungssäften durchdrungen wird.

Infolge von mangelhaftem Durchhitzen oder zu reichlichem Wasserzusatz bleiben schliffige Stellen zurück mit abnormem Wassergehalt und ungeronnenem Protein. — Beim Liegen wird das Brot rasch altbacken. Diese Änderung ist nicht etwa durch Wasserverlust bedingt. Denn wenn man solches Brot auf 70° erwärmt, wird es wieder frischem Brot ähnlich. Wahrscheinlich gibt beim Anwärmen der noch wasserhaltig gebliebene Kleber einen Teil des Wassers an die rascher ausgetrockneten und hart gewordene Stärkekörner ab. Lagert das Brot längere Zeit und sinkt der Wassergehalt unter 30 Prozent, dann gelingt es nicht mehr, dasselbe durch Erwärmen wieder frischbacken zu machen.

Die verschiedenen Brotsorten zeigen folgende Zusammensetzung:

	Wasser	Eiweiß	Kohlehydrate
Feines Weizenbrot	35·5	7·1	56·6
Grobes Weizenbrot	40·5	6·2	51·1
Semmel (mit Milch bereitet) . . .	28·6	9·0	59·5
Roggenbrot	42·3	6·1	49·3
Kommisbrot	36·8	7·5	52·4
Pumpernickel	43·4	7·6	45·0

Das mit Milch bereitete Weizenbrot zeigt den höchsten Gehalt an verdaulichem Eiweiß. Das Eiweiß des aus groben Mehlsorten, bezw., aus dem ganzen Korn bereiteten Brotes ist, wie oben erwähnt, nur zum Teil ausnutzbar. Vom Eiweiß des Weizenbrotes werden zirka 80 Prozent resorbiert, von dem des Pumpernickels uur 55—60 Prozent. Die Kohlehydrate des Weizenbrotes werden zu 98 Prozent, die der gröberen Sorten zu 90 Prozent resorbiert.

Die dunklere Farbe des mit Sauerteig bereiteten Brotes rührt von einer Einwirkung der Säuren (Milch- und Essigsäure) auf den Kleber her.

Für das Kommisbrot der deutschen Soldaten bestehen folgende Vorschriften: Das Mehl soll durch Siebe, welche auf 1 qcm 17—18 Fäden zeigen, von gröberen Bestandteilen befreit sein. 100 kg Mehl von ganzem Korn verlieren dadurch 15 kg Kleie. Das Brot soll gleichmäßig aufgegangen, gar und locker und von angenehmem Geruch und Geschmack sein. Der Wassergehalt darf nicht mehr als 40 Prozent betragen; der Gewichtsverlust eines Brotes von 3 kg soll am 1. und 2. Tage 34 g, am 3. Tage 56 g, nach längerer

Zeit 72 g betragen. Die maximale tägliche Brotration ist auf 750 g zu bemessen.

Billige Brot-Surrogate (z. B. durch Zusatz von Maismehl) sind, auch wenn ihre gute Ausnutzbarkeit und Bekömmlichkeit nachgewiesen wird, praktisch meist ohne Bedeutung, weil ihr Geschmack weiteren Kreisen des Publikums nicht zusagt. — Ähnliches gilt von dem neuerdings viel empfohlenen Aleuronat-Brot. Unter der Bezeichnung „Aleuronat" bringt die Stärkefabrik von Hundhausen in Hamm ein besonders präpariertes Mehl aus Weizenkleber in Handel, das sehr billig ist, da der Kleber als Abfallprodukt bei der Stärkefabrikation gewonnen wird und früher unverwertet blieb. Werden ein Teil Aleuronat und 3 Teile Weizenmehl verbacken, so erhält man ein eiweißreiches Brot mit ca. 19 Prozent gut ausnutzbarem Eiweiß. Dabei ist das Aleuronat, falls der Preis gleich niedrig bleibt, einer der billigsten Eiweißträger, der für 1 Mark ca. 800 g Eiweiß liefert. Die Einführung dieses Präparats würde insofern für die ärmere Bevölkerung große Vorteile bieten; aber es gelingt nicht, das Mißtrauen derselben gegenüber der erheblichen Änderung der gewohnten Geschmacksreize zu besiegen.

Anomalien und Fälschungen des Mehls und des Brotes. In Betracht kommen vorzugsweise

α) Parasiten des Getreides: Claviceps purpurea, der Mutterkornpilz.

Siedelt sich in den Blüten von Roggen, Gerste und Weizen an und bildet dort zunächst ein Konidien tragendes Myzel, das sich allmählich in ein schwarzes, 1—3 cm langes und hornartig aus der Ähre hervorragendes Sklerotium umwandelt. Dieses Sklerotium keimt im Frühjahr auf feuchtem Boden und entwickelt kleine gestielte, rote Köpfchen, an deren Oberfläche Perithezien mit Sporen eingesenkt sind.

Das Sklerotium (secale cornutum genannt) gelangt leicht mit ins Korn uud in Mehl und Brot. Der anhaltende Genuß solchen Brotes kann die Kriebelkrankheit oder den Ergotismus hervorrufen, der auf einer Intoxikation durch die im Mutterkorn enthaltenen Gifte, Cornutin und Sphacelinsäure, beruht. Entweder treten nervöse Erscheinungen, Digestionsbeschwerden, Gefühl von Kriebeln und Anfänge von Anästhesie an Fingern und Zehen, auch wohl Kontrakturen, Lähmungen, sensorielle Störungen in den Vordergrund, oder aber es werden die Zehen und Füße, seltener die Finger von trockener Gangrän befallen.

Nachweis des Mutterkorns. Die Farbe des Mehls ist grauer als gewöhnlich, oft zeigte es violette Flecke. Beim Versetzen mit Kalilauge und Erwärmen tritt der Geruch nach Trimethylamin auf infolge einer Zersetzung des im Mutterkorn enthaltenen Chinolin. — Ferner ist im Mutterkorn ein Farbstoff enthalten, der in saurem Alkohol oder Äther löslich ist. 10 g Mehl werden mit 15 g Äther und 20 Tropfen verdünnter Schwefelsäure geschüttelt, nach einer halben Stunde filtriert, dann mit einigen Tropfen gesättigter Lösung von Natron bicarb. versetzt, welche allen Farbstoff aufnimmt. Eventuell kann noch eine Prüfung im Spektralapparat erfolgen.

Brandpilze, Ustilago carbo, Tilletia caries usw. lassen an Stelle der Getreidekörner schwarze klebrige und staubige Massen von Sporen auftreten, die sich dem Mehl beimengen können; für Menschen ungefährlich; bei Haustieren, welche die Körner in rohem Zustande aufnehmen, scheinen sie Gesundheitsstörungen bewirken zu können.

Wahrscheinlich durch Parasiten des Mais oder durch verdorbenen Mais bedingt ist ferner die Pellagra.

Seit dem vorigen Jahrhundert ist diese Krankheit in Italien, Spanien, dem südlichen Frankreich, Rumänien usw. endemisch. Dieselbe ist dadurch charakterisiert, daß im Frühjahr eine Art Erythem auftritt und daneben eine Reihe von leichten nervösen Erscheinungen. Zum Herbst bessert sich der Zustand; im nächsten Frühjahr aber rezidiviert die Hautaffektion und die nervösen Symptome werden schwerer, es bilden sich Sehstörungen, Paresen, Krämpfe, Hyper- und Anästhesien, oft auch psychische Störungen aus; daneben bestehen vielfach schwere Verdauungsstörungen. Die Krankheit zieht sich mit steter Steigerung der Symptome durch mehrere Jahre hin und endet gewöhnlich tödlich. In Italien werden zurzeit über 100000 mit Pellagra Behaftete gezählt. — Die Krankheit wird entweder auf Unterernährung (in bezug auf N); auf den Genuß des schnell verderbenden Mais und eines mit diesem aufgenommenen Giftes zurückgeführt; oder auf Parasiten des Mais (Brandpilze? Schimmelpilze? Bakterien?)

β) Von Unkrautsamen sind Taumellolch und Kornrade bedenklich, weil sie Intoxikationserscheinungen, namentlich narkotische Symptome hervor-

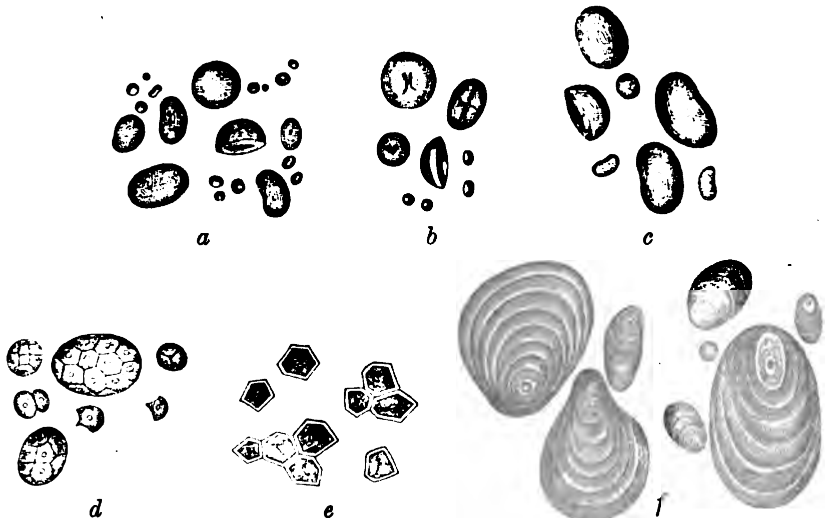


Fig. 37. Stärkekörner. 350 : 1. *a* Weizen. *b* Roggen. *c* Gerste. *d* Hafer. *e* Reis. *f* Kartoffel.

rufen können. Wachtelweizen und Rhinantusarten sind ungiftig, bewirken aber grünblaue Färbung des Brotes. Der Farbstoff ist mit saurem Alkohol extrahierbar; im übrigen sind die Unkrautsamen durch mikroskopische Untersuchung zu erkennen.

γ) Bei unzweckmäßiger, feuchter Aufbewahrung der Körner und des Mehls können erstere keimen, letzteres faulen. Der Kleber geht dann durch Fermentwirkung in eine lösliche Modifikation über und das Mehl ist nicht mehr backfähig. — Schlechte Aufbewahrung des Brotes führt zur Verschimmelung oder zur Entwicklung von Bakterien, gelegentlich z. B. des Bacillus prodigiosus.

δ) Zusätze. Das Mehl wird zuweilen mit Gips oder Schwerspath versetzt; ferner mit Alaun und Kupfersulfat zur Aufbesserung der Farbe und zum Einteigen eines feucht aufbewahrten, nicht mehr bindenden Mehles. Die ersteren werden durch Schütteln des Mehls mit Chloroform und Wasser als Absatz auf dem Boden des Glases erkannt; Alaun und Kupfersulfat durch die Aschenanalyse. — Weit häufiger kommt eine Beimengung des billigeren Kartoffelmehls zu Weizen- oder Roggenmehl vor, nachweisbar durch das sehr charakteristische mikroskopische Bild der Stärkekörner (s. Fig. 37).

ε) Blei- und Zinkvergiftungen mittels Brot sind zuweilen dadurch vorgekommen, daß Fehlstellen der Mühlsteine mit Blei ausgegossen waren; oder daß zum Heizen des Backofens ein mit Bleiweiß gestrichenes, bzw. mit Zinkvitriol imprägniertes Holz (Bahnschwellen) benutzt war.

η) Verbreitete Gastrizismen sind neuerdings beobachtet infolge des Genusses von Brot (Milch- und Franzbrötchen), das sog. Brotöl enthielt. Um das Ankleben zu hindern, werden die Backbleche und die einzelnen Brote mit Butter, Schmalz, Margarine oder dgl. bestrichen. Jetzt wird dazu ein billigeres „Mineralöl" empfohlen, das aus den bei 300° nicht flüchtigen Petroleumrückständen bereitet ist. Schon 1 g desselben ruft Brechen, Durchfall, Gliederschmerzen usw. hervor. Die Verwendung verrät sich meist durch Geruch der Brote nach Petroleum (Dunbar).

Konditorwaren rufen nicht selten durch giftige Farben Gesundheitsstörungen hervor. Giftig resp. ungiftig sind folgende Farben:

Gelb. Giftig: Chromgelb (Blei, Chrom); Ultramaringelb (Baryum, Chrom); Kasseler Gelb (Blei); Neapelgelb (Blei, Antiomon); Auripigment (Arsen); Pikrinsäure; Gummigutt. — Ungiftig: Saffran, Safflor; Curcuma; Ringelblumen; Gelbbeeren.

Grün. Giftig: Schweinfurter-, Neuwieder-, Bremer-, Wienergrün, Scheeles Grün (enthalten sämtlich Arsen, Kupfer usw.). — Ungiftig: Mischungen von Blau und Gelb; Spinatsaft.

Braun. Giftig: Sepia, Terrasiena (zuw. Arsen). — Ungiftig: Gebrannter Zucker; Lakritzensaft.

Rot. Giftig: Zinnober (Quecksilber); Chromrot (Quecksilber und Chrom); Mennige (Blei); Anilinfarben. — Ungiftig: Kochenille; Karmin; Krapprot; Saft von roten Rüben und Kirschen.

Blau. Giftig: Bergblau (Kupfer); Thenardblau (Arsen); Smalte (Arsen). — Ungiftig: Indigolösung; Lackmus; Saftblau.

Weiß. Giftig: Bleiweiß; Zinkweiß. — Ungiftig: Feinste Mehle; Stärke.

Schwarz. Giftig: Spiesglanz (Antimon). — Ungiftig: Chinesische Tusche.

b) Leguminosen.

Dieselben sind ausgezeichnet durch reichlichen Eiweißgehalt; jedoch fehlt ihnen der Kleber, und deshalb ist eine Brotbereitung nicht

möglich, sondern sie sind nur mit sehr viel Wasser entweder in Suppenform mit 90 Prozent Wasser, oder in Breiform mit 70—75 Prozent Wasser genießbar. Infolgedessen können die Leguminosen niemals in großer Menge und dauernd aufgenommen werden. — Ferner kommt in Betracht die schlechte Ausnutzung (das Eiweiß zu 50—70 Prozent), welche um so ungünstiger wird, je größer das genossene Quantum ist. Die übertriebene Empfehlung der Leguminosen als Volksnahrungsmittel berücksichtigt daher viel zu einseitig die Ergebnisse der chemischen Analyse. — Die präparierten Mehle aus Leguminosen sind besser ausnutzbar (Eiweiß zu 85 Prozent) und leichter verdaulich.

c) Kartoffeln.

Auf Grund ihres geringen Eiweißgehaltes sind die Kartoffeln vielfach angegriffen und als Nährmittel in Mißkredit gebracht, jedoch mit Unrecht. Man betonte eben früher zu sehr den Wert der Eiweißstoffe für die Ernährung, während Fett und Kohlehydrate gerade so gut notwendige Nährstoffe sind. Zur Lieferung von Kalorien sind die Kartoffeln vorzüglich geeignet; der Körper setzt sich sogar bei Kartoffelnahrung mit geringerer Eiweißzufuhr ins Gleichgewicht als z. B. bei Brotnahrung. Wollte man den Wert der Kartoffeln allein nach der Eiweißlieferung beurteilen, so wäre das nicht anders, als wenn man den Wert des Fleisches nach den in demselben vorhandenen Kohlehydraten beurteilen wollte. — Die Ausnutzung der Eiweißstoffe beziffert sich auf 70, die der Kohlehydrate auf über 90 Prozent. Die Kartoffeln sind mit Recht ein so beliebtes Volksnahrungsmittel, weil sie sehr gute, selbst bei häufigerer Wiederholung keinen Widerwillen erregende Geschmacksreize bieten, vielfache Verwendungsarten gestatten und außerdem die Kohlehydrate für verhältnismäßig sehr billigen Preis liefern (s. S. 188). Es ist daher durchaus rationell, wenn man den Nahrungsbedarf neben dem nötigen Eiweiß (namentlich neben einem gewissen Quantum animalischer Nahrung) wesentlich mit Kartoffeln deckt. Nur bei einem Fehlen sonstiger Eiweißzufuhr und ausschließlicher Kartoffelnahrung treten Ernährungsstörungen auf.

Beim Aufbewahren der Kartoffeln ist darauf zu achten, daß sie nicht erfrieren und nicht keimen. Erfrorene Kartoffeln faulen leicht und haben süßlichen Geschmack. In gekeimten Kartoffeln entsteht das giftige Solanin; und zwar nach neueren Untersuchungen durch bestimmte Bakterien, die in den grauen und schwärzlichen Stellen gekeimter und verdorbener Kartoffeln sich reichlich vorfinden.

d) Die übrigen Gemüse

sind uns wertvoll durch ihre Geschmacksreize, durch ihr großes Volum, das Sättigung herbeiführt, und durch die Anregung der Darmperi-

staltik. Außerdem führen sie dem Körper größere Mengen Salze zu, die grünen Gemüse insbesondere Eisen. Sie verdienen deshalb volle Berücksichtigung in der Kost, wenn auch ihr sonstiger Nährwert durchweg unbedeutend ist. — Auch die Pilze enthalten im frischen Zustand nur 2—3 Prozent Eiweiß, das überdies schlecht ausgenützt wird, und sind also ähnlich wie die übrigen Vegetabilien zu beurteilen. — Die Früchte zeichnen sich aus durch ihren Gehalt an löslichen Kohlehydraten und Fruchtsäuren; sie enthalten mit Ausnahme der Nüsse wenig Eiweiß, dagegen viel Wasser, so daß sie gleichsam den Übergang zu den Getränken bilden.

Anomalien der Gemüse. Zu beachten ist, daß Parasiten und Infektionserreger an den Gemüsen haften können; an Salat, Kohl, Radieschen usw. Bandwurmeier; an denselben Waren und außerdem an Kartoffeln, Rüben, Wurzeln, Erdbeeren infektiöse Bakterien aus dem gedüngten Boden. — Ferner ist durch Erkrankung der Verkäufer (Grünkramkeller) die Übertragung von Kontagien auf vegetabilische Nahrungsmittel möglich; ebenso durch Besprengen mit verdächtigem Wasser (Rinnsteinwasser). Es ist daher beim Rohgenuß der Gemüse und Früchte eine gewisse Vorsicht indiziert. Dieselben sind sorgfältig zu reinigen, ebenso die dabei benutzten Tische, Tücher und Utensilien der Küche; auch die Vegetabilien sollten soviel als möglich nur gekocht genossen werden.

Auf die Charakteristik der giftigen und der ungiftigen Pilze kann hier nicht eingegangen werden. Manche Pilze, wie z. B. die Morchel, verlieren ihre Giftigkeit, wenn man die getrockneten Pilze abbrüht und das Brühwasser weggießt.

Die durch Kochen konservierten Gemüse sind vielfach kupferhaltig; sie verlieren ohne Kupferzusatz beim Kochen die frische Farbe; diese bleibt aber, wenn während des Kochens etwas Kupfersulfat zugefügt wird, pro kg etwa 30 bis 40 mg (Reverdissage). Um Vergiftungen herbeizuführen, ist die Menge des Kupfers kaum jemals bedeutend genug. — Die neuerdings vielfach in Handel gekommenen, durch Trocknen konservierten Gemüse büßen das Aroma ein und haben meist einen heuartigen Geschmack.

Als besonders leicht verdauliche Vegetabilien für Kranke und Rekonvaleszenten sind zu empfehlen: Präpariertes Gersten- und Hafermehl, in welchem schon ein Teil der Stärke aufgeschlossen ist. Daraus sind Suppen zu bereiten, für welche höchstens 10 Teile Mehl auf 100 Teile Wasser verwendet werden. Man muß dieselben mindestens $^1/_2$ Stunde kochen lassen, um alle Stärke vollständig zu lösen. Die Suppe enthält dann im Mittel 1·5 Prozent Eiweiß und 10 Prozent Kohlehydrate; in einer Tasse also etwa 20—25 g Kohlehydrate. — Sollen die Kohlehydrate vermehrt werden, ohne die flüssige Konsistenz

zu verändern, so ist beispielsweise Malzextrakt zuzufügen (aus gekeimter Gerste extrahiert). Derselbe enthält etwa 30 Prozent Wasser, 6—8 Prozent Eiweiß, 30 Prozent Dextrin und 30 Prozent Zucker. Fügt man zwei Eßlöffel davon einer Tasse Suppe hinzu, so vermehrt man den Kohlehydratgehalt um etwa 20 g.

Sobald als möglich sollte, falls größere Mengen Kohlehydrate zu reichen sind, zu breiartigen oder festen Speisen übergegangen werden. Brei von Kartoffeln enthält in einer Tasse etwa 50—60 g Kohlehydrate, ebensoviel Reisbrei mit Bouillon oder Milch bereitet. Semmel, Zwieback, eventuell in Suppen eingeweicht, liefern weit erheblichere Mengen Kohlehydrate als große Volumina flüssiger Nahrung.

6. Genußmittel.

a) Alkoholische Getränke.

α) Bier. Durch Hefegährung ohne Destillation aus Gerstenmalz, Hopfen und Wasser hergestelltes Getränk, das sich im Stadium der Nachgährung befindet.

Das Malz wird erhalten, indem Gerste 2—3 Tage eingeweicht und dann in dichten Haufen bei niederer Temperatur dem Keimen unterworfen wird, wobei sich reichliche Mengen Diastase bilden. In 6—12 Tagen hat der Blattkeim etwa $^3/_4$ der Länge des Korns; dann wird durch Trocknen an der Luft das Luftmalz, durch Trocknen auf der Darre bei 40—80° das Darrmalz hergestellt. Aus dem geschrotenen Malz wird durch Behandeln mit Wasser die Würze gewonnen (durch Infusion oder Dekoktion). Die Diastase bewirkt die Umwandlung der ganzen Stärke in Zucker (Maltose) und Dextrin. — Demnächst wird die Würze von den unlöslichen Bestandteilen abgeseiht und in Kochpfannen unter Zusatz von Hopfen gekocht.

Der Hopfen besteht aus den weiblichen unbefruchteten Blütendolden von Humulus lupulus. Unter den dachziegelförmig übereinanderliegenden Bracteen der Dolden finden sich kleine goldgelbe klebrige Kügelchen = Lupulin. Diese enthalten Hopfenharz (50—80 Prozent), Hopfenbittersäure, als Klär- und Konservierungsmittel wichtig, und Hopfenöl, das den feinen Hopfengeruch liefert. Außerdem enthält der Hopfen noch Hopfengerbsäure.

Beim Kochen der Würze wird diese konzentrierter, das Eiweiß wird — unter Beihilfe der Hopfengerbsäure — abgeschieden, die Diastase wird zerstört, Lupulin gelöst.

Dann wird abgeseiht und im Kühlschiff rasch gekühlt; bei zu langsamer Kühlung erfolgt leicht Milchsäurebildung. Für obergäriges Bier wird die Würze auf 12—18°, für untergäriges auf 3—8° gekühlt. Dann wird sie in Gärbottiche gefüllt und auf 100 Liter $^1/_2$ Liter Hefe (jetzt meist rein gezüchtete Hefenrassen) zugesetzt. Nach 4—12 Tagen wird auf Lagerfässer gefüllt und dort bei einer Temperatur unter 5° eine schwache Nachgärung unterhalten. Zur Klärung werden eventuell Buchenholzspäne, Kochsalz, gärende Würze, oder auch Tannin oder Hausenblase zugesetzt.

Für Bock- und Exportbier werden gehaltreichere Würzen als für sogenanntes Schenkbier verwendet. — Bei 40° gedarrtes Malz gibt die hellen Biere; hoch gedarrtes oder geröstetes Malz die dunklen.

Das Bier enthält: Wasser, CO_2; Alkohol; dann die Stoffe des sogenannten Extraktes, Reste von Maltose und Dextrin, Pepton, Glyzerin, Milch-, Essig-, Bernsteinsäure, harzige und bittere Stoffe aus dem Hopfen; ferner Salze (besonders phosphorsaures Alkali).

Je nach der Konzentration der Würze, der Beschaffenheit des Malzes, der Anwendung der Infusion oder Dekoktion und dem Verlauf der Gärung finden sich starke Variationen der Zusammensetzung.

Zusammensetzung einiger bekannterer Biere:

	Spez. Gew.	Alkohol	Extrakt	CO_2	Eiweiß	Zucker	Asche
Münchener Spaten	1·0207	3·23	6·61	—	—	—	—
Pilsener	1·0129	3·55	5·15	0·14	0·37	—	0·19
Bockbier	1·0213	4·74	7·20	0·22	0·62	1·25	0·26

Trotzdem sind bestimmte Anforderungen formuliert: Normales Bier soll glanzhell, vollmundig, gut moussierend sein. Der Alkoholgehalt soll 2·5—4·5 Prozent, der Extrakt mindestens 4 Prozent ausmachen; auf 1 Teil Alkohol sollen 1·2—1·6 Teile Extrakt kommen, am besten 1·6—1·8; Glyzerin soll höchstens zu 0·5 Prozent vorhanden sein.

Das Bier ist vorzugsweise Genußmittel; nur bei Aufnahme großer Quantitäten kommt ein Nährwert in Betracht, indem es dann einen nicht unerheblichen Teil des Bedarfs an Kohlehydraten deckt. — Die Ausnutzung der Nährstoffe ist zweifellos eine fast vollständige. Die Magenverdauung wird durch Bier etwas verlangsamt.

Der Konsum beträgt pro Kopf und Jahr in Deutschland 90, in England 122, in Bayern 220, in München 566 Liter.

Anomalien und Fälschungen. Im Bier liegt ein künstliches Präparat vor, das auch bei normaler Beschaffenheit in dem Alkohol und in den zur Unterhaltung der Nachgärung notwendigen Mikroorganismen differente, nicht unbedenkliche Bestandteile enthält. Schlechtes Bekommen ist daher bei empfindlichen Individuen leicht möglich, selbst wenn das Bier vollkommen gut ist. Außerdem aber kann, wenn auch gegen früher durch die Verwendung rein gezüchteter Hefen (s. Kap. IX) der Brauprozeß sich besser regeln läßt, letzterer doch leicht etwas abnorm verlaufen, ohne daß darum eine Fälschung vorliegt; und solches Bier kann bei vielen Menschen Störungen hervorrufen. So z. B. führt ein etwas höherer Gehalt an Hopfenharz, der sich namentlich im Jungbier findet, zu heftiger und schmerzhafter

Reizung der Blase; Bestreuen des Bieres mit etwas gepulverter Muskatnuß schützt erfahrungsgemäß gegen diese Affektion.

Im allgemeinen ist daher ein gewisses Risiko mit dem Genuß dieses Präparates immer verbunden. Zweifellos führen aber Anomalien und Fälschungen des Bieres viel leichter zu Störungen der Gesundheit wie normales Bier, und erfordern daher auch vom hygienischen Standpunkt eine gewisse Berücksichtigung.

Folgende billigere Surrogate werden verwendet:

Stärke oder Stärkezucker statt des Malzes.

Pikrinsäure, Enzian, Wermut, Colchizin, Quassia usw. anstatt des Hopfens.

Glyzerin zur künstlichen Herstellung der Vollmundigkeit des Bieres.

Alaun oder Schwefelsäure zur künstlichen Klärung trüben Bieres.

Alle diese Surrogate sind teils giftig, teils täuschen sie für schlechte und nicht haltbare Präparate eine gute Beschaffenheit vor.

Bei schlechter Aufbewahrung entstehen ferner abnorme Gärungen (hefetrübe Biere), die zu Verdauungsstörungen Anlaß geben.

Sauer gewordenes Bier wird wohl mit kohlensaurem Alkali versetzt, um das äußere Symptom des sauren Geschmacks zu korrigieren.

Ferner wird schlecht haltbarem Bier saurer schwefligsaurer Kalk bzw. Salizylsäure zugesetzt. Beide wirken in den in Frage kommenden Dosen nicht schädlich, verdecken aber die Minderwertigkeit des Präparates; ohne daß der Entwickelung schädigender Mikroorganismen entsprechend vorgebeugt wird.

Versandbiere werden durch Pasteurisieren haltbar gemacht. — Dunkele Biere sind oft mit Zuckercouleur gefärbt, in manchen Gegenden mit Wissen und Willen des Publikums.

Nachweis der Anomalien des Bieres. Die normale Beschaffenheit des Bieres wird vor allem durch Bestimmung des spezifischen Gewichts, der Alkohol- und der Extraktmengen ermittelt. — Das spezifische Gewicht des durch Schütteln im offenen Kölbchen von der CO_2 befreiten Bieres wird im Pyknometer oder mit der Westphalschen Wage bestimmt. Der Alkohol durch Destillation von 75 ccm mit Alkali neutralisierten Bieres, bis 50 ccm abdestilliert sind, die direkt ins Pyknometer einfließen; durch Wägung in letzterem erhält man die Gewichtsprozente Alkohol mit Hilfe von Tabellen. — Zur Extraktbestimmung werden 5 g Bier in einer Trockenente im Ölbad 8 Stunden auf 85° im trockenen Luftstrom erwärmt, dann 4 Stunden über SO_4H_2 getrocknet. — Oder indirekt nach Balling: 100 ccm Bier werden auf dem Wasserbad zur Hälfte eingedampft zur Verjagung des Alkohols, dann mit Wasser aufgefüllt und wieder das spezifische Gewicht bestimmt.

Die einzelnen Bestandteile des Extrakts, namentlich das Glyzerin, sind nur schwierig zu ermitteln. Am einfachsten ist noch die Phosphorsäurebestimmung, die durch direkte Titrierung mit Uranlösung, wie im Harn, geschehen kann und oft Aufschluß über Verwendung von Malzsurrogaten gibt. — Der Säuregrad des Bieres wird durch Titrieren mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge bestimmt, nachdem die CO_2 durch Erwärmen entfernt ist.

Stärkezucker ist nachweisbar mit Hilfe der Dialyse des Bieres durch Pergament; das Dextrin bleibt zurück, das Amylin, die unvergärbaren, rechtsdrehenden Bestandteile des Stärkezuckers gehen durch; es wird dann mit Hefe vergoren und im Polarisationsapparat geprüft.

Zum Nachweis der Pikrinsäure wird das eingedampfte Bier mit Alkohol, dann mit Äther extrahiert, die ätherische Lösung verdampft und mit Cyankalium bzw. Zucker auf Pikrinsäure geprüft. — Die übrigen Hopfensurrogate sind nur durch kompliziertes Verfahren nachweisbar.

Salizylsäure wird durch Ausschütteln des Bieres mit Äther, Verdampfen und Prüfen mit Eisenchlorid erkannt.

Das Ausschänken des Bieres geschieht vielfach mittels der Bierdruckapparate. Dieselben benutzen entweder Luft zur Pression; indes wird das Bier rasch schal, und die Entnahmestelle für die Luft ist oft nicht einwandfrei. Besser ist die jetzt verbreitete Sitte, Zylinder mit komprimierter Kohlensäure zu benutzen, die unter Einschaltung von Druckregulatoren durch Zinnrohre und Schläuche mit dem Faß in Verbindung stehen, so daß durch den Druck der CO_2 auf die Oberfläche des Bieres letzteres zum Schanktisch aufsteigt. Die Apparate und sämtliche Verbindungen an denselben müssen aber peinlich sauber gehalten werden und überall der Reinigung zugänglich sein. Die Rohre sollen aus bleifreiem Zinn hergestellt sein.

β) Wein. Überreife Trauben werden entleert, gequetscht; der Saft bleibt einige Tage mit Hülsen und Kernen in Berührung, um namentlich die Bukettstoffe aufzunehmen. Der Weißwein wird dann durch Treten oder Maschinen ausgepreßt; beim Rotwein wird erst nach der Gärung gepreßt, weil nur der gesäuerte Alkohol den roten Farbstoff löst. — Den Most läßt man entweder mit der Hefe, welche sich zufällig auf den Beeren angesiedelt hatte, oder durch Zusatz rein gezüchteter Hefen bei gutem Luftzutritt gären. Nach 10—30 Tagen folgt auf Lagerfässern die 3—6 Monate dauernde Nachgärung. — Das Klären geschieht beim Weißwein durch Hausenblase, beim Rotwein durch Eiweiß (Milch, Blut, Gelatine) oder Kaolin.

Mittlere Zusammensetzung einiger Weinsorten:

	Spez. Gew.	Alkohol	Säure (als Weins.)	Zucker	Extrakt	Farb- u. Gerbstoff	Asche
Moselwein . . .	0·9977	12·1	0·608	0·204	1·885	—	0·203
Rheingauwein .	0·9958	11·5	0·455	0·378	2·299	—	0·169
Pfälzer Wein . .	0·9956	11·6	0·534	0·522	2·390	—	0·162
Franz. Rotwein .	0·9947	9·4	0·589	0·616	2·341	0·616	0·217
Portwein . . .	1·0045	16·4	0·47	3·99	6·17	0·17	0·29
Champagner . .	1·04	9·2	0·58	10·7	11·20	0·06	0·14

Der fertige Wein enthält folgende Bestandteile (s. Tabelle): Alkohol 9—12 Prozent; Extrakt zirka 2·0 Prozent; Zucker 0·1—0·8 Prozent; Farb- und Gerbstoff bis 0·2 Prozent; Asche 0·2 Prozent; Wasser 85—88 Prozent; spezifisches Gewicht 0·99—0·997. — Ferner Essigsäure, Bernsteinsäure, Äpfelsäure (auch frei), Weinsäure (gebunden); Glyzerin; Önanthäther (Kaprin- und Kaprylsäureester), Aldehyd. Der Wein ist demnach kein Nahrungsmittel, sondern lediglich Reiz- und Genußmittel.

Anomalien und Fälschungen. Manche Zusätze geschehen in der Absicht, ein besseres und bekömmlicheres Präparat herzustellen. So

a) Das Chaptalisieren. Zu saurer Most wird mit Marmorstaub neutralisiert und vor der Gärung mit Zucker versetzt. Geschieht namentlich bei Burgunderweinen.

b) Gallisieren. Herstellung eines Normalmosts mit 24 Prozent Zucker, 0·6 Prozent Säure und 75·4 Prozent Wasser durch Zusatz von Wasser und Zucker. Eventuell durch den geringeren Gehalt an Aschenbestandteilen nachweisbar. Bei reinem Material nicht zu beanstanden.

c) Pétiotisieren. Sehr verbreitet, seit die Phylloxera ihre Verheerungen angerichtet hat. Die Trester (Schalen und Kerne) werden wiederholt mit Zuckerwasser vergoren. Es entstehen bukettreiche Weine mit wenig Säure, feurig und schön von Farbe; der zu geringe Gerbstoffgehalt wird durch Tanninzusatz korrigiert. Sehr haltbar. — Oft durch die Analyse nicht von reinem Weine zu unterscheiden, sobald reines Material genommen wird.

Häufig erfolgt Gipszusatz zum Most; dadurch wird Wasser entzogen, die Klärung befördert, die Farbe verbessert, die Haltbarkeit erhöht. Die Weinsäure wird allerdings teilweise ausgefällt und dafür saures Kaliumsulfat in den Wein gebracht. Bei weniger als 2 g Kaliumsulfat pro 1 Liter (bei Weißwein 1 g) ist indes eine nachteilige Wirkung irgendwelcher Art nicht zu beobachten.

Ferner wird oft durch Pasteurisieren konserviert. — Zuweilen wird Scheelisieren angewendet, d. h. Zusatz von 1—3 Prozent Glyzerin, um dem Wein mehr Körper zu geben und ihn den gelagerten Weinen ähnlicher zu machen. — Oft werden fremde Farbstoffe, namentlich beim Pétiotisieren, zugesetzt (Malven, Heidelbeeren, Fuchsin usw.), nicht selten auch künstliches Weinbukett oder Alkohol (Vinage).

Bei der hygienischen Beurteilung aller dieser Fälschungen kommen ähnliche Gesichtspunkte in Betracht, wie bei der Beurteilung der Anomalien des Bieres. Für empfindliche Individuen ist schon der Genuß normalen Weins leicht mit Gesundheitsstörungen verknüpft; abnorme Präparate, namentlich mit schlechtem Stärkezucker aufgebesserte oder mit künstlichem Bukett versehene, wirken indes bereits in ungleich kleinerer Quantität schädlich und sind deshalb zu beanstanden. — Gegen nachteilige Zusätze und Fälschungen schützt in Deutschland das Weingesetz vom 24. Mai 1901.

Nach diesem Gesetz ist zulässig und als Verfälschung nicht anzusehen:

1. Die anerkannte Kellerbehandlung einschließlich der Haltbarmachung des Weins, auch wenn dabei Alkohol oder geringe Mengen von mechanisch wirkenden Klärmitteln, von Tannin, CO_2, schwefliger Säure oder daraus entstandener Schwefelsäure in den Wein gelangen; jedoch darf die Menge des zugesetzten Alkohols nicht mehr als 1 Raumteil auf 100 Tle. Wein betragen.
2. Die Vermischung (Verschnitt) von Wein mit Wein.
3. Die Entsäuerung mittels reinen, gefällten kohlensauren Kalks.
4. Der Zusatz von technisch reinem Rohr-, Rüben- oder Invertzucker, technisch reinem Stärkezucker, sofern ein solcher Zusatz nur erfolgt, um den Wein zu verbessern, ohne seine Menge erheblich zu vermehren.

Dagegen ist verboten:

Die gewerbsmäßige Herstellung oder Nachahmung von Wein unter Verwendung 1) eines Aufgusses von Zuckerwasser oder Wasser auf Trauben, Traubenmaische oder entmostete Trauben; 2) eines Aufgusses von Zuckerwasser auf Hefen; 3) von getrockneten Früchten oder eingedickten Moststoffen; 4) von anderen als oben bezeichneten Süßstoffen; 5) von Säuren, säurehaltigen Stoffen (Weinstein, Weinsäure), Bukettstoffen, Essenzen usw., 6) von Obstmost und -wein.

Verboten ist ferner, nach der Herstellung zuzusetzen Al-, Ba- verbindungen, Borsäure, Glyzerin, Salizylsäure usw.

Ein Wein, der einen Zusatz erhalten hat, ist, auch wenn dieser erlaubt war, nicht als Naturwein zu bezeichnen.

Die Untersuchung des Weins erfolgt ähnlich wie beim Bier durch Bestimmung des spezifischen Gewichts, des Alkohol- und Extraktgehaltes. Die freie Säure kann mit Normalalkalilösung titriert werden.

Nachweis einiger Fälschungen. Stärkezuckerzusatz ist durch den Polarisationsapparat zu erkennen. Reine Weine drehen die Polarisationsebene gar nicht oder infolge vorhandener Lävulose etwas nach links. Im Stärkezucker sind dagegen unvergärbare rechtsdrehende Stoffe (Amylin) und damit behandelte Weine zeigen daher starke Rechtsdrehung.

Gipszusatz wird erkannt durch die Bestimmung der Schwefelsäure. Die Asche stark gegipster Weine zeigt keine oder sehr schwache Alkaleszenz.

Um fremde Farbstoffe aufzufinden, kann man einige Tropfen des Weins auf ein Stück gebrannten fetten Kalks fallen lassen; bei reinem Wein entstehen dunkelgelbbraune Flecken, bei gefärbtem rötliche oder violette Nuancen. Oder man setzt dem Wein eine Mischung von gleichem Volum gesättigter Alaun- und 15prozentiger Natriumazetatlösung zu; bei größeren Mengen von Heidelbeer- oder Malvenfarbstoff tritt blauviolette Färbung ein (Nesslers Probe). Auch beim Versetzen mit Kalk gesättigter Brechweinsteinlösung treten Farbenunterschiede hervor. — Genauer Nachweis kleinerer Beimengungen erfordert komplizierte Methoden.

γ) Branntwein. Aus verschiedenstem zuckerhaltigem Material, oder auch aus stärke- und zellulosehaltigem, nach Behandlung mit ver-

dünnter Schwefelsäure bzw. Diastase, werden durch Hefezusatz alkoholhaltige Flüssigkeiten gewonnen, die dann destilliert werden, um Flüssigkeiten von höherem Alkoholgehalt herzustellen. Hauptsächlich werden Kartoffeln benutzt, aber auch Früchte (Kirschen, Pflaumen, deren Kerne Bittermandelöl liefern); oder Zuckerrohrmelasse (Rum); oder Reis (Arak); oder Wein (Kognak).

Die Branntweine enthalten 35—75 Prozent Alkohol; die feineren sind vielfach durch Methyl- und Äthylester der niederen Fettsäuren (Kognakaroma usw.) gefälscht. Am bedenklichsten ist ihr Gehalt an Fuselöl (Gemenge von Propyl-, Amyl-, Butylalkohol und Furfurol), das im normalen Branntwein höchstens zu 1 Promille enthalten ist und bei stärkerem Gehalt Übelkeit und Kopfschmerzen erzeugt. Das Fuselöl ist weniger flüchtig als der Äthylalkohol, und gelangt daher insbesondere bei unvorsichtiger rascher Destillation in größerer Menge ins Destillat.

Der Nachweis des Fuselöls kann entweder schon durch den Geruch geschehen, wenn eine Probe des Branntweins zwischen den Händen zerrieben wird; oder durch die Steighöhle des Branntweins in engen Kapillarröhren mit Skaleneinteilung; am sichersten durch Ausschütteln mit Chloroform und Beobachtung der Volumzunahme des letzteren in besonderen Apparaten (Röse).

b) Kaffee, Tee, Kakao.

Kaffee. Die Samen der Kaffeestaude enthalten nach Entfernung der fleischigen Hülle 10 Prozent Eiweiß, 15—16 Prozent Fett, 5 Prozent Asche, ätherisches Öl, Gerbsäure, Zucker und 1 Prozent Koffeïn (Theïn). Letzteres ist ein Alkaloid (Methyl-Theobromin bzw. Trimethylxanthin), welches leichte nervöse Erregung hervorruft. — Vor dem Brennen sind die Bohnen schwer zu pulvern und die Dekokte haben zu stark adstringierenden Geschmack. Brennen (bei 200—250°) führt zu teilweiser Zerstörung der Holzfaser, des Zuckers und der Gerbsäure und zu einer Bildung empyreumatischer Substanzen, namentlich des Kaffeols, eines Öls, das sich an der exzitierenden und wahrscheinlich an der nicht unbeträchtlichen antibakteriellen Wirkung des Kaffees beteiligt.

In einer Tasse Infus, aus zirka 8 g Bohnen bereitet, finden sich etwa 1 g Nährstoffe, 0·1 g Koffeïn, so daß also von einer nährenden Wirkung, selbst beim Genuß großer Quantitäten, nicht die Rede sein kann. Ebensowenig übt das Koffeïn einen sparenden Einfluß auf den Stoffumsatz im Körper aus. — Dagegen können durch Mischung des Kaffeeinfuses mit Milch und Zucker nicht unerhebliche Nährstoffmengen eingeführt werden.

Fälschungen finden hauptsächlich statt bei schon gemahlenem Kaffee, der nur auf zuverlässigster Bezugsquelle entnommen werden sollte. Surrogate wie Zichorien, Feigen usw. bieten wohl den brenzlichen Geruch und Geschmack, aber kein Koffeïn oder Kaffeol. Sacca- oder Sultankaffee ist aus den fleischigen Hüllen der Kaffeefrucht hergestellt und enthält nur Spuren von Koffeïn.

Tee. Die getrockneten Blätter des Teestrauchs enthalten mindestens 30 Prozent feste Substanz, 3·0—2·0 Prozent Asche, mindestens 7 Prozent Gerbstoff; 0·5—2·0 Prozent Koffeïn. Letzteres ist für die Wirkung des Tees maßgebend, die der des Kaffees sehr ähnlich ist. — Eine Tasse Infus, aus 6—6 g Tee bereitet, enthält noch etwas weniger Nährstoff und Koffeïn, als das eben erwähnte Kaffeeinfus.

Fälschungen mit anderen Blättern werden durch vergleichende Untersuchung der mit lauwarmem Wasser befeuchteten und auf einer Glasplatte ausgebreiteten Blätter unter Zuhilfenahme von Lupe und Mikroskop unschwer erkannt. — Schwieriger ist die sehr häufige Fälschung des Tees mit schon extrahierten und wieder getrockneten Teeblättern zu entdecken; die oben angegebenen Grenzzahlen des Gehalts normalen Tees an verschiedenen Stoffen liefern hierfür Anhaltspunkte.

Kakao. Die von Keimen und Schalen befreiten, durch Rösten und Zusammenschmelzen präparierten, pulverisierten Kakaobohnen enthalten: 16 Prozent Eiweiß, 50 Prozent Fett (Kakaobutter von 30—33° Schmelzpunkt), 3—4 Prozent Asche, 1·5 Prozent Theobromin.

Letzteres ist Dimethylxanthin, dem Koffeïn nahe verwandt und auch in der Wirkung demselben ähnlich. Da der übergroße Fettgehalt belästigt, wird gewöhnlich entölter Kakao mit ca. 35—30 Prozent Fett verwendet. Eine vollständigere Entölung liegt nicht im hygienischen Interesse. — Holländischer Kakao enthält dadurch, daß die Bohnen mit Pottasche, Soda oder Magnesia behandelt sind, mehr lösliche Substanzen. — Eine Tasse Kakao, aus 15 g bereitet, enthält ca. 2 g Eiweiß, 4 g Fett und 4 g Kohlehydrate. Die Theobrominmengen sind so geringfügig, daß ein nervöser Einfluß fast ganz in Fortfall kommt. Ein gewisser Nährwert ist vorhanden, wird aber meist überschätzt.

Unter Schokolade versteht man eine Mischung von Kakao mit Zucker, Gewürzen, Stärke usw.; sie enthält im Mittel 1·5—2·0 Prozent Wasser, 9 Prozent Eiweiß, 0·6 Prozent Theobromin, 15 Prozent Fett, 60 Prozent Zucker, 2 Prozent Asche. Eine Tasse aus 15 g bereitet liefert 1 g Eiweiß, 2 g Fett, 10 g Zucker.

c) Tabak.

Blätter der Nicotina Tabacum. Die reifen Blätter werden getrocknet, in großen Haufen einer Gärung unterworfen, bei welcher CO_2, NH_3, HNO_3 entsteht. Meist werden sie mit KNO_3 imprägniert, um die Verbrennlichkeit zu erhöhen. Dann müssen die Blätter lagern; dabei erfolgt teilweise Oxydation der organischen Substanzen. Die Lagerung darf nicht zu lange dauern, da

sonst auch Nikotin und ätherisches Öl verloren geht. Der wichtigste Bestandteil ist das Nikotin $C_{10}H_{14}N_2$, ein farbloses, sehr giftiges Öl.

Im syrischen Tabak, der stark betäubend wirkt, findet sich indessen kein Nikotin; ferner im Havannatabak weniger, als in schlechten Rauchtabaken; auch tritt in abgelagerten Zigarren starker Nikotinverlust ein. Demnach hängt die Wirkung des Tabaks nicht ausschließlich vom Nikotingehalt desselben ab; vielmehr sind noch präformierte, aromatische Bestandteile und solche, welche sich während des Brennens bilden (Pyridinbasen) bei der Wirkung beteiligt.

Die Gesamtwirkung des Rauchtabaks besteht in einer leichten Erregung des Nervensystems, die bei einiger Gewöhnung je nach der Wahl des Tabaks und der Menge des Verbrauchs dem individuellen und zeitlichen Bedürfnis vortrefflich angepaßt werden kann. Bei Tabaksmißbrauch beobachtet man nervöse Herzschwäche, Skotome, Unempfindlichkeit für Farben usw.

Im Tabaksrauch finden sich Nikotin, flüchtige Fettsäuren, Pikolin- und Pyridinbasen, regelmäßig Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffe usw. Bei empfindlichen, nicht gewöhnten Individuen vermag der Tabaksrauch zweifellos toxische Symptome, Kopfschmerzen, Reizungserscheinungen in Schlund und Magen hervorzurufen. Mit Rücksicht hierauf ist das Rauchen in allen öffentlichen, nicht ausdrücklich für Raucher bestimmten Räumen unbedingt zu verbieten.

d) Gewürze.

Über ihre Wirkung s. S. 168. Speziell erwähnt seien:

Der Pfeffer. In den Handel kommt schwarzer und weißer Pfeffer; ersterer ist die unreife getrocknete Beere, letzterer die reife Frucht des Pfefferstrauchs. Enthält zirka 1 Prozent scharfes ätherisches Öl und eine schwache organische Base, das Piperin. Der gepulverte Pfeffer ist sehr oft verfälscht und sollte nie gekauft werden. — Cayennepfeffer ist der Samen einer anderen südamerikanischen Pflanze, Capsicum baccatum.

Senf. Aus den Senfsamen von Sinapis nigra und alba gewonnen. Die Körner werden in der Senfmühle unter Zusatz von Weinessig fein gerieben. Oft noch Zusätze von Zimt, Nelken usw.; dem englischen Senf wird Cayennepfeffer zugefügt. Im Senfsamen ist myronsaures Kalium enthalten; daneben Myrosin als Ferment; beim Anmachen des Senfmehls mit Wasser entsteht Senföl, Zucker und Kaliumsulfat. Das Senföl ($C_3H_5.N.C.S$), das zu 0·3—1·0 Prozent im Senf enthalten ist, liefert den scharfen Geruch oder Geschmack. Es wirkt energisch antiseptisch, z. B. auf Milzbrandbazillen schon völlig hemmend bei einer Konzentration von 1:33000. — Der Senf ist sehr vielen Verfälschungen ausgesetzt, die am besten durch mikroskopische Untersuchung, bzw. durch Bestimmung des S erkannt werden.

Essig. Durch Oxydationsgärung aus Branntwein, Wein, verdorbenem Bier gewonnen; enthält im Mittel 4 Prozent Ac; daneben Extraktstoffe. — Verfälschung hauptsächlich mit Schwefelsäure und Salzsäure.

Literatur: S. die oben zitierten Handbücher von FORSTER, KÖNIG, MUNK und UFFELMANN, LEHMANN, v. LEYDEN; ferner HILGER, Vereinbarungen betreffs der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln, Berlin 1885. — THOMS-GILG, l. c. — Die gesetzlichen Vorschriften siehe in den „Veröff. des Kaiserl. Gesundheitsamts".

Sechstes Kapitel.

Kleidung und Hautpflege.

Die Seite 47 geschilderte Wärmeregulierung des Körpers reicht nicht aus, um denselben unter allen Verhältnissen gegen eine zu starke Wärmeabgabe zu schützen. Wir sehen daher, daß alle Menschen je nach den klimatischen Verhältnissen, unter denen sie leben, sich mit mehr oder weniger Kleidung umgeben und bei Schwankungen der Witterung durch die Kleidung eine Verminderung, dann aber auch eine Regulierung der Wärmeabgabe herbeizuführen versuchen.

In unserem Klima bedürfen wir einer sehr erheblichen Menge von Kleidung; die des Mannes wiegt im Sommer etwa 3, im Winter 7 kg, die der Frau etwas mehr. Ferner hat die wie gewöhnlich locker anliegende Kleidung im Mittel eine Schichtdicke von 8·6 mm; den weit überwiegenden Volumteil derselben macht aber die zwischen den einzelnen Schichten der Kleidung eingeschlossene Luft aus.

Die Kleidung besteht zum kleinsten Teil aus dichten ungewebten Stoffen; gewöhnlich werden Stoffe benutzt, die aus vegetabilischen Fasern, oder aus Haaren von Tieren, oder aus Seidenfäden gewebt und porös, mit Zwischenräumen zwischen den einzelnen Fasern versehen, sind.

Unter den Eigenschaften der Kleiderstoffe unterscheidet man — nach RUBNER, dessen Arbeiten der folgenden Darstellung zugrunde liegen — die primären, welche den Stoffelementen als solchen zukommen; und andererseits die sekundären, welche nach der Verarbeitung des Stoffes zum Gewebe und wesentlich nach Maßgabe der Art der Verarbeitung zutage treten.

Eigenschaften der Stoffelemente der Kleidung.

Die Stoffelemente zeigen ein charakteristisches Verhalten unter dem Mikroskop, ferner meistens ein chemisches Verhalten, das zu ihrer Erkennung beiträgt. Physikalisch unterscheiden sich die Stoffelemente

namentlich durch ihr hygroskopisches Verhalten, ihre Benetzbarkeit durch Wasser und ihr Leitungsvermögen für Wärme.

Das mikroskopische Verhalten ist folgendes:

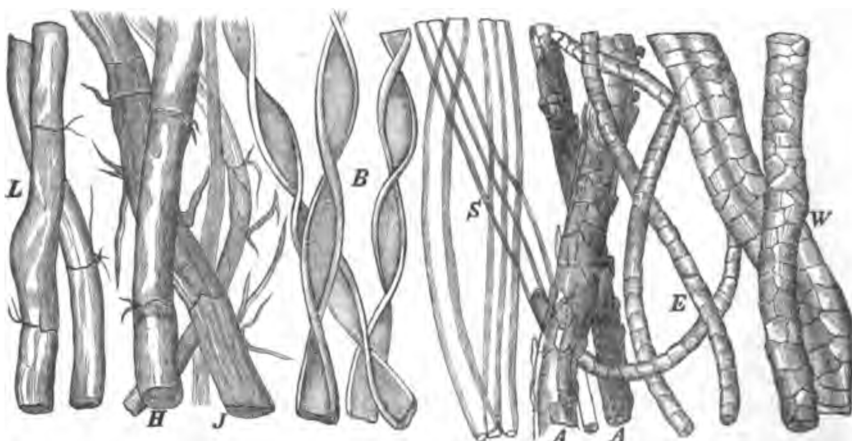


Fig. 38. Elemente der Kleidung. 150:1.
L Leinenfaser. *H* Hanffaser. *J* Jutefaser. *B* Baumwollfaser. *S* Seide. *A* Alpakawolle. *E* Elektoralwolle. *W* Schafwolle.

Aus vegetabilischen Fasern (Gefäßbündel aus Blättern, Stengeln, Wurzeln oder Samenhaare) bestehen:

a) Baumwolle (Kattun, Shirting, Musselin, Tüll, Köper, Barchent usw.). Samenhaare verschiedener Gossypiumarten. Plattgedrückte, meist gewundene Fasern (Fig. 38 *B*), 0·02—0·05 m lang, von 0·011—0·037 mm Durchmesser; an einem Ende kegelförmig zugespitzt, am anderen stumpf abgerundet. Im Innern ist ein lufterfüllter Hohlraum; die Zellwand ist von beträchtlicher Mächtigkeit.

b) Leinen. Hergestellt aus der Bastfaser von Flachs (Linum usitatissimum). Das Bastgewebe des Flachsstrohs wird von der Oberhaut und dem Holzkörper getrennt durch einen Fäulnisprozeß (Rösten); dann wird die Trennung durch Klopfen, Brechen und Schwingen, schließlich durch Hecheln vervollständigt. Gut gehechelte Flachse zeigen unter dem Mikroskop nur Bastzellen, die bis 4 cm lang und etwa 0·01 mm breit sind. Das Lumen ist meist auf eine dunkle Linie reduziert, stellenweise ganz verschwunden; die Faser ist längsgestreift.

c) Hanf und Jute, aus Bastzellen von Cannabis sativa bzw. indischen Tiliaceen hergestellt, übrigens wie beim Flachs zubereitet; selten zu Kleidung verwendet.

Aus tierischen Materialien besteht:

a) Wolle; gewöhnlich wird die Schafwolle benutzt. Je nach der Rasse ist die Wolle durch Länge, Kräuselung und Feinheit des Haares unterschieden. Im Rohzustand ist sie stark mit Schweiß und Fett verunreinigt. Bei der Entfettung durch Waschen mit Wasser und später mit alkalischen Flüssigkeiten verliert sie 20—70 Prozent. Die Haare der gereinigten Wolle sind 4—32 cm

lang, 0·014—0·06 mm dick; unter dem Mikroskop zeigen sie eine epithelartige Membran, die aus dünnen, sich dachziegelähnlich deckenden Cuticularplättchen besteht, so daß die Oberfläche ein schuppiges, tannenzapfenartiges Aussehen erhält (Fig. 38 *W*). Bei altem, getragenem Wollstoff zerfällt die Faser in Fibrillen, die Vorsprünge verschwinden, die Querstreifung wird weniger deutlich. — Die kurze, stark gekräuselte Wolle liefert die sogenannte Streichwolle (Flanell, Fries, Buckskin); die Kammwolle liefert das Material zu glatten Wollzeugen aus langen, sehr festen Haaren.

Häufig werden gemischte Gewebe benutzt. — Erwähnt sei besonders die jetzt sehr verbreitete Kunst- oder Lumpenwolle (Mungo, Shoddy). Dieselbe wird durch Zerreißen oder Zerkratzen von Wolllumpen und Mischen mit neuer Schafwolle zu Geweben verarbeitet. Oft sind auch Leinen- und Baumwollabfälle hineingemengt. Äußerlich ist dieselbe von neuer Wolle nicht zu unterscheiden, dagegen wohl durch das Mikroskop.

b) Seide. Aus Absonderungen der Seidenraupe, Bombyx mori, gewonnen. Die im Frühjahr aus dem Ei hervorgekrochene Raupe spinnt sich nach mehrmaliger Häutung zur Verpuppung ein. Dazu sondert sie durch zwei schlauchförmige Drüsen ihres Kopfes eine klebrige Flüssigkeit in Form von zwei Fäden ab, die sich zu einem Doppelfaden vereinigen, und dieses bildet ununterbrochen fortlaufend den Kokon, welcher die Puppe umgibt. In 12—21 Tagen ist aus der Puppe ein Schmetterling geworden. Dieser wird vor dem Durchbrechen des Kokons getötet, falls man letztere gewinnen will. Der Faden wird dann vorsichtig abgewickelt und liefert die Rohseide. — Unter dem Mikroskop stellen die Fäden zylindrische, solide und homogene Fasern von 0·01—0·02 mm Dicke dar.

In bezug auf das chemische Verhalten der Kleiderstoffe seien folgende Reaktionen erwähnt:

Tierische Fasern lösen sich beim Kochen in mäßig konzentrierter Kalilauge auf, sie färben sich nachhaltig (waschecht) mit Pikrinsäure und mit Anilinfarben, brennen angezündet nicht fort, liefern eine feste schwammige Kohle und starken Geruch von verbrannten Haaren oder Federn. Im Kupferoxydammoniak bleibt Seide unverändert; Wolle quillt etwas.

Vegetabilische Fasern lösen sich nicht in Kalilauge, färben sich nicht dauernd in Pikrinsäurelösung, brennen angezündet fort, geben dabei eine leicht zerfallende Asche und keinen intensiven Geruch. In Kupferoxydammoniak ist Baumwolle leicht löslich; Leinwand quillt nur. Ein kleines Stück Gewebe aus Pflanzenfasern wird mit ca. 2 ccm konzentrierter Schwefelsäure übergossen: auf Zufügung von 2 Tropfen gesättigter wäßriger Thymollösung entsteht purpurrote Färbung der Flüssigkeit.

Seide und Wolle sind durch die leichtere Lösung der ersteren in Salpetersäure und Ammoniak erkennbar. — Baumwolle und Leinen unterscheidet man durch kurzes Eintauchen in englische Schwefelsäure. Die Baumwollenfäden werden gallertartig resp. gelöst. Die Leinenfasen bleiben unverändert.

Das physikalische Verhalten der Stoffelemente läßt sich dahin charakterisieren, daß

a) Baumwollfasern wenig hygroskopisch sind; 100 Teile nehmen 11.6 Wasser auf; sie benetzen sich rasch mit Wasser; ihr Wärmeleitungsvermögen ist = 29·9, das der Luft = 1 gesetzt.

b) Leinen. Verhält sich ähnlich wie Baumwolle, benetzt sich noch schneller mit Wasser; verträgt häufiges Waschen ohne Veränderung und Verfärbung. Wärmeleitungsvermögen wie bei Baumwolle.

c) Wolle. Sehr hygroskopisch, 100 Teile nehmen aus gesättigter Luft 25—28 Teile Wasser auf. Benetzt sich schwerer mit Wasser; bei wiederholtem Waschen und Trocknen tritt stärkere Krümmung der Haare ein (Einkriechen der Wollstoffe); nasse Wolle legt sich infolge ihrer seitlichen Stützhaare nicht so glatt an Flächen an, wie andere Stoffe. Wärmeleitungsvermögen 6·1.

d) Seide. 100 Teile nehmen 16·5 Wasser aus feuchter Luft auf. Leicht benetzbar. Wärmeleitungsvermögen 19·2.

Eigenschaften der zu Geweben verarbeiteten Kleiderstoffe.

Von der Art der Verarbeitung hängt zunächst die Dicke und der Luftgehalt einer Kleidung ab. Glatte Leinen- und Seidenstoffe haben 0·16—0·4 mm Dicke; Trikotstoffe 0·6—1·2 mm; Flanell usw. 2—3 mm. — In glatten Geweben beträgt der Luftgehalt ca. 50 Prozent, im Trikot 75—80 Prozent, im Flanell 90 Prozent, in der Haarsubstanz der Pelze 98 Prozent. Von dem Luftgehalt hängt wesentlich ab die Komprimierbarkeit der Stoffe, diejenige Eigenschaft der Kleidung, durch welche Stoß und Druck auf Körperstellen abgeschwächt werden sollen; außer dem Luftgehalt, der durch die Webweise bestimmt wird, kommt noch die Dicke der Stoffe und bis zu einem gewissen Grade auch ihre Elementarzusammensetzung für diesen Schutz in Betracht. Die meisten Kleiderstoffe sind etwa bis auf $^1/_3$ komprimierbar.

Auch die wasserhaltende Kraft und die kapillare Aufsaugung hängen vorzugsweise vom Luftgehalt des Gewebes ab. Die porösen Stoffe saugen am langsamsten auf, nur tritt bei gleichem Gewebe eine besondere Verlangsamung der Aufsaugung bei Wollstoffen hervor. — Je lockerer der Stoff, um so mehr Poren bleiben auch nach der Benetzung mit Wasser lufthaltig und für Luft zugängig.

Wollflanell	zeigt	trocken	923	Porenvolum,	benetzt	803
Baumwollflanell	„	„	888	„	„	723
Trikot-Wolle	„	„	833	„	„	612
„ Baumwolle	„	„	847	„	„	617
„ Leinen	„	„	733	„	„	318
Glatte Baumwolle	„	„	520	„	„	0.

Von dem Porenvolum, daneben aber besonders von der Größe der Lufträume (die z. B. durch die Appretur beeinflußt wird) hängt ferner die Permeabilität der Kleider für Luft und andere Gase (Wasserdampf, CO_2) ab. Sie läßt sich angeben in der Anzahl Sekunden, welche es dauert, bis durch 1 qcm Fläche eines 1 cm dicken Stoffs

1 ccm Luft bei bestimmtem Druck (0,42 mm) gefördert wird. Die verschiedenen Stoffe ergeben dann folgende Zahlen:

Dichter Baumwollstoff . . .	76
Waffenrock	10
Wolltrikot	6
Loden	3
Baumwollentrikot	1

Für die Permeabilität einer Gesamtkleidung ist es wichtig, daß die übereinander liegenden Schichten möglichst homogen sind; die Einlagerung einer wenig permeabelen Schicht über leicht permeabelen hebt den Durchtritt der Luft nahezu auf (z. B. glatte Leinen- und Baumwollstoffe über Wolltrikot).

Auch für das reelle Wärmeleitungsvermögen der fertigen Kleiderstoffe ist der Luftgehalt von größter Bedeutung; daneben kommt besonders die Dicke der Stoffe und in geringerem Grade das Leitungsvermögen der Grundstoffe in Betracht. Bei gleicher Dicke verhält sich der Wärmedurchgang,

Baumwolltrikot .	= 100 gesetzt,
bei Wolltrikot .	= 68
„ Leinentrikot .	= 119
„ Leinen glatt .	= 133
„ Loden . . .	= 76.

Durch hygroskopisches Wasser nimmt die Leitung bei Wolle um 110 Prozent, bei Seide um 41 Prozent, bei Baumwolle um 16 Prozent zu. — Falls Wasser eingelagert ist, verhält sich die Leitung des trockenen Stoffs zum feuchten:

bei Wollflanell . . .	wie 1 : 1·56
„ Wolltrikot . . .	„ 1 : 2·17
„ Loden	„ 1 : 2·58
„ glatter Baumwolle	„ 1 : 3·39.

Die Abstrahlung der Wärme differiert wenig (zwischen 83 und 110); sie ist am niedrigsten bei den glatten Stoffen (namentlich bei glänzender Seide), am stärksten bei rauher Trikotwolle. Bei nasser Oberfläche nimmt die Strahlung ab; gleichzeitig wirkt aber die Verdunstung im entgegengesetzten Sinne.

Auf Grund der dargelegten Eigenschaften vermag die Kleidung bei geeigneter Auswahl den hygienischen Anforderungen zu entsprechen, die für dieselbe in Betracht kommen: sie soll erstens die

Wärmeabgabe vom Körper in zweckentsprechender Weise herabsetzen, und zwar sowohl im trocknen, wie auch im feuchten Zustand, zweitens soll sie die normale Wasserdampfabgabe vom Körper ermöglichen; drittens soll sie die direkte Bestrahlung des Körpers hindern.

Weitere bei dem Gebrauch der Kleidung in Betracht kommende hygienische Gesichtspunkte betreffen die Farbe der Kleidung, durch welche keine giftigen Stoffe mit dem Körper in Berührung gebracht werden dürfen; ferner die Aufnahme und Verbreitung von Gasen und Gerüchen, sowie von Infektionserregern durch Kleidungsstoffe; endlich auch den Schnitt der Kleidung, durch welchen nicht selten abnorme Druckwirkungen auf einzelne Körperteile ausgeübt werden.

1. Die Beziehungen der Kleidung zur Wärmeabgabe.

Durch direkte Bestimmung teils der Wärmeausstrahlung (mit Hilfe eine Thermosäule und des Galvanometers), teils der gesamten Wärmeabgabe eines Körperabteils (in Rubners Kalorimeter) ist festgestellt, daß jedes Kleidungsstück eine deutliche, 10—40 Prozent betragende Verminderung der Wärmeabgabe bewirkt.

Diese Verminderung der Wärmeabgabe könnte entweder durch Herabsetzung der Ausstrahlung der Wärme von der Oberfläche der Kleider zustande kommen, oder aber von einer Erschwerung der Wärmeleitung herrühren. Nun ergeben zwar direkte Messungen, daß das Strahlungsvermögen der Kleider sogar etwas größer ist als das der Haut, dafür hat aber der bekleidete Körper im Durchschnitt nur eine Temperatur von 21° an der Oberfläche, und deshalb ist auch die Wärmeausstrahlung von der bekleideten Körperoberfläche aus geringer als von der nackten.

Jede Schicht Kleidung veranlaßt natürlich eine weitere Hemmung der Wärmeabgabe. Mißt man die Temperaturen, welche die einzelnen Kleidungsschichten am Körper zeigen, so findet man:

für die Haut des unbekleideten Körpers 27—32°;

für die Haut des bekleideten tätigen Körpers 29—31°; bei voller Ruhe resp. Schlaf oder bei zu hoher über 24° gelegener Außentemperatur 34—35°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd an der Außenseite desselben 28·5°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd und Leinenhemd an der Außenseite des letzteren 24·8°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd und Weste an der Außenseite 22·9°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd, Weste und Rock an der Außenseite 19·4° (Rubner).

Soll der Körper mehr Wärme abgeben, so kann eine einzelne Schicht fortgelassen und damit die Temperatur der Außenfläche erhöht werden. Die Anpassung an die klimatischen und Witterungsverhältnisse erfolgt daher am leichtesten durch eine zweckentsprechende Zahl der Kleidungsschichten.

Eine weitere Behinderung der Entwärmung des bekleideten Körpers kommt dann noch durch die schlechte Wärmeleitung der Kleidung zustande, die, wie oben gezeigt wurde, hauptsächlich von dem Luftgehalt des Gewebes und von seiner Dicke beeinflußt wird.

Außerdem kommt die Permeabilität der Gesamtkleidung für ihre Wärmehaltung in Betracht. Starker Luftdurchgang kann den Wärmeschutz erheblich beeinträchtigen. — Ein gewisser Luftwechsel durch die Kleidung ist aber erforderlich; schon wegen der unten zu besprechenden wichtigen Beziehungen derselben zur Wasserdampfabgabe des Körpers. Die Größe des Luftwechsels durch eine Kleidung läßt sich durch Bestimmung des CO_2-Gehalts der Kleiderluft messen, wenn man die CO_2-Produktion seitens der Haut als gleich annimmt. Unbehagen tritt schon ein, wenn jener CO_2-Gehalt über 0·08 Promille steigt. Durch einen einfachen Sommeranzug treten normalerweise in der Stunde 935 Liter Luft ein.

Bei durchfeuchteter Kleidung (durch hygroskopisches oder in die Poren eingelagertes Wasser) wird zunächst das Gewicht der Kleidung bedeutend erhöht und oft geradezu belästigend. Dasselbe kann auf das Doppelte, also von 4 kg auf 8 kg steigen, lockere baumwollene und wollene Stoffe nehmen sogar das Dreifache ihres Gewichts an Wasser auf.

Ferner wirken die durchfeuchteten Kleider erheblich befördernd auf die Wärmeabgabe. Einmal sind sie weit bessere Wärmeleiter als die trockenen lufthaltigen Kleidungsstücke; sodann wirken sie durch die bei der Verdunstung des aufgenommenen Wassers entstehende Kälte. Die in einer völlig durchnäßten Kleidung enthaltene Wassermenge verbraucht zu ihrer Verdunstung die gesamte Wärme, welche der Körper innerhalb 24 Stunden zu produzieren vermag.

Feuchte Kleider müssen um so stärker abkühlend wirken, je schneller sie das Wasser einsaugen, je vollständiger die Luft aus den Poren verdrängt wird, und je rascher die Verdunstung des Wassers vor sich geht. Porös gewebte Stoffe zeigen in diesen Beziehungen das günstigste Verhalten, weil die Menge des aufgenommenen Wassers geringer ist und das Wasser nur langsam eindringt (ausgenommen bei lange getragener Wolle); die Faser wird daher nicht schlaff, und das Gewebe nicht in eine gleichmäßig durchfeuchtete Masse verwandelt,

sondern die Poren des Gewebes bleiben teilweise lufthaltig. Die Wollstoffe legen sich außerdem nie so glatt an die Haut an, wie die übrigen nassen Stoffe.

Bei stark schwitzender Haut, z. B. auf Märschen, im tropischen Klima usw. sind daher unbedingt lockere poröse Stoffe zu empfehlen. Bei manchen Individuen verursachen die Wollstoffe zu starke Reizungen der Haut, so daß sie nicht auf die Dauer vertragen werden; außerdem sind sie meist dicker gearbeitet, als andere Stoffe und wirken dadurch schweißtreibend. Poröse Baumwollstoffe (Lahmanns Reformbaumwolle oder Vodels aus Wolle, Baumwolle und Leinen gemischte Trikotstoffe) sind daher unter solchen Verhältnissen besser indiziert.

Eigentümlich verschieden ist das Verhalten von Wolle einerseits, Leinen und Baumwolle andererseits gegenüber den Bestandteilen des Schweißes. Wolle läßt dieselben durchwandern, so daß eventuell die Oberkleider stark verschmutzt werden; in Leinen und Baumwolle bleiben sie stecken, und man findet diese z. B. auch dann am reichsten an Kochsalz, wenn darunter noch eine Wollschicht getragen wird.

Ist der Körper häufigen Durchnässungen von außen ausgesetzt, so bedient man sich zweckmäßig der imprägnierten, aber porösen Wollstoffe. Dieselben werden z. B. mit einer Mischung von Alaun, Bleiazetat und Gelatine getränkt; dadurch wird die Adhäsion zwischen der Faser und dem Wasser vermindert und das kapillare Aufsaugungsvermögen des Stoffes beseitigt. Wasser läuft an diesen Kleidern vollständig ab, während die Durchlässigkeit für Luft nur um 2—8 Prozent vermindert ist. Sie sind den für Luft undurchlässigen und den Luftwechsel durch die Kleidung völlig aufhebenden Stoffen aus Gummi und Kautschuk weit vorzuziehen.

2. Beziehungen der Kleider zur Wasserdampfabgabe des Körpers.

Für die Wasserdampfabgabe des Körpers ist das eigentümliche Klima, in welchem die Haut des bekleideten Körpers sich befindet, von größter Bedeutung. Gewöhnlich zeigt die Luft zwischen Körper und Kleidung nur 30—40 Prozent Feuchtigkeit und, zusammengenommen mit der Temperatur von ca. 31° (s. oben), ein sehr hohes Sättigungsdefizit. Durch die Kleidung wird daher der Körper ständig in eine außerordentlich trockene, zur Wasserdampfaufnahme befähigte Atmosphäre eingehüllt, und nur in dieser fühlt sich der Mensch behaglich. Soll sich dieselbe aber erhalten, und der Körper in der gewohnten Wasserdampfabgabe nicht beschränkt werden, so muß ein gewisser Luftwechsel vor sich gehen und die Kleidung muß für Luft durchgängig sein. Bei undurchlässiger Kleidung, bei zu zahlreicher Kleider-

schichten, ferner auch bei sehr warmer, feuchter und windstiller Außenluft sehen wir in der Tat die Feuchtigkeit in der den Körper begrenzenden Luftschicht auf 50—60 Prozent steigen; damit tritt aber zugleich eine merkliche Belästigung und ein Gefühl des Unbehagens ein.

Die oben angeführten Zahlen für die Permeabilität der Kleiderstoffe im trockenen und feuchten Zustande geben daher von diesem Gesichtspunkt aus die wichtigsten Anhaltspunkte für die Wahl der Kleidung. Den lockeren Trikotstoffen ist der Vorzug vor glatten Baumwoll- und Leinenstoffen zu geben. JÄGERscher Wollstoff, LAHMANNs Reformbaumwolle und VODELsche Trikotstoffe ermöglichen den ausgiebigsten Luftwechsel durch die Kleidung und die leichteste Fortschaffung des Wasserdampfes. So lange die Wasserausscheidung durch die Haut nicht übermäßig ist, wird es in solcher Kleidung überhaupt nicht zur Schweißbildung und zur Durchfeuchtung der Stoffe kommen. Auch wenn aber letztere eingetreten ist, so ermöglichen diese Stoffe immer noch eine weitere Wasserdampfabgabe, während dieselbe bei gewöhnlicher Baumwolle und bei Leinen völlig aufhört.

Die letztgenannten Stoffe sind dagegen dann indiziert, wenn die Haut wenig Wasserdampf produziert, trocken bleibt und wenn keinerlei stärkere Temperaturdifferenzen auf den Körper einwirken, also für eine sog. Ruhekleidung, z. B. beim Aufenthalt im Zimmer und namentlich im Bett.

3. Schutz des Körpers gegen Wärmestrahlen.

Gegen die direkten Wärmestrahlen der Sonne wird am besten durch hellfarbige, weiße oder hellgelbe Kleiderstoffe Schutz gewährt, während die Qualität des Stoffes wenig oder gar nicht in Betracht kommt. Setzt man das Absorptionsvermögen weißer Stoffe für die leuchtenden Wärmestrahlen = 100, so beträgt dasselbe für hellgelbe 102, für dunkelgelbe 140, für hellgrüne 152, für rote 168, für hellgraue 198, für schwarze 208. — Die Wirkung der chemischen Strahlen des Sonnenspektrums wird dadurch natürlich nicht gehemmt (s. S. 51).

Auch gegen die Strahlung von Flammen aus ist die Haut eventuell durch Kleidung zu schützen. Besonders geeignet sind für die in solcher Weise exponierten Arbeiter die zugleich unverbrennbaren Asbestkleidungsstücke (z. B. Hauben, Gamaschen usw.) resp. die mit Flammenschutzmitteln (Ammoniumphosphat oder Ammonsulfat oder Bleiessig und Wasserglas) imprägnierten Stoffe.

Die ferneren Anforderungen an die Kleidung betreffen zunächst das Fehlen giftiger Farben.

Die Seite 255 aufgeführten, Arsenik, Blei und Kupfer enthaltenden Farben werden nicht selten zur Färbung der Kleider verwendet. Große Mengen Arsenik sind namentlich in grünen Tarlatankleidern gefunden. Mit Bleifarben imprägniertes Hutfutter, mit Anilinfarben gefärbte Strümpfe und Unterkleider sollen zu Hautkrankheiten Anlaß gegeben haben.

Die porösen Kleidungsstoffe sind ferner oft die Quelle übler Gerüche. Sie nehmen von außen Massen von Staub auf, der dann bei der Durchnässung weiter ins Innere befördert wird; vonseiten des Körpers dringen die Hautsekrete ein, und so werden die Kleider mit einer Menge organischer in Zersetzung begriffener Stoffe imprägniert; auch flüchtige, riechende Bestandteile werden reichlich absorbiert, von den wollenen Stoffen in höherem Grade als von Baumwolle und Leinen. In durchnäßter Kleidung können Zersetzungsprozesse eventuell noch weiteren Fortgang nehmen. Eine häufige gründliche Reinigung sämtlicher Kleider ist daher unerläßlich.

Eine weitere Folge der geschilderten Verunreinigung der Kleider ist ihr Bakterienreichtum, der um so größer wird, je länger die Kleidung getragen ist und oft zu enormen Zahlen anwächst. Die Bakterien gelangen wesentlich mit Staubteilchen und Hautschüppchen in die Kleidung; je rauher die Oberfläche der Stoffe, um so mehr Keime bleiben haften. Leinene und baumwollene Stoffe mit fest gesponnenen Fäden und glatter Oberfläche enthalten die wenigsten Keime. — Auch bei der Übertragung von Infektionserregern spielt die Kleidung eine sehr bedeutsame Rolle. Pocken, Scharlach, Masern, Tuberkulose, Milzbrand usw. werden nachweislich durch Kleidungsstücke, zuweilen erst durch Vermittelung der Trödler oder durch Lumpen, auf Gesunde übertragen. Reste von phthisischem Sputum gelangen sehr häufig durch die Hände oder Taschentücher auf die Oberkleider. Die Erreger von Wundinfektionskrankheiten werden durch mangelhaft gereinigte Verbandstücke verbreitet; Cholera, Typhus, Ruhr durch verunreinigte Leib- und Bettwäsche, Beinkleider usw. Nach dem Waschen pflegt die Unterkleidung selten mehr lebende Infektionserreger zu enthalten, da stets gründliches Kochen der Wäsche stattfindet. Die einer solchen Reinigung nicht zugänglichen Oberkleider können aber sehr lange Zeit als Infektionsquellen wirken.

Schädigungen des Körpers durch fehlerhaften Sitz der Kleidung sind seit lange bekannt. Auf die durch Korsetts entstehende Schnürleber, auf die schädlichen Folgen enger Halsbekleidung, auf die Unzweckmäßigkeit der Strumpfbänder usw. ist in populären Schriften vielfach hingewiesen worden. Daß vom hygienischen Standpunkt aus eine Reform der Kleidung in vielen Punkten wünschenswert erscheint,

ist so selbstverständlich, daß es keiner näheren Begründung bedarf. Vorläufig aber ist wenig Aussicht vorhanden, daß ein Kampf der Hygiene gegen Sitte und Mode auf größere Erfolge rechnen darf.

Besonders schwere Deformationen erleidet der Fuß durch die früher und zum Teil auch jetzt gebräuchliche Form des Schuhwerks, bei welcher die Sohle symmetrisch um die Mittellinie des Fußes gelagert ist und das Oberleder so geschnitten wird, daß es seine größte Höhe — entsprechend der für die Sohle maßgebende Linie — gerade in der Mitte hat und daß es nach vorn ganz flach auf die Sohle ausläuft.

Die Nachteile, welche durch diesen fehlerhaften Schnitt entstehen, betreffen insbesondere die große Zehe; der äußere Rand des Nagels derselben

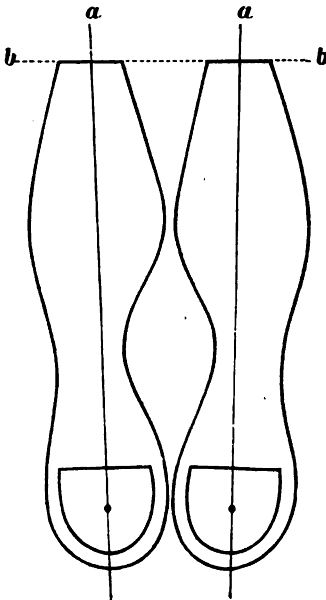


Fig. 39a. Sohlen herkömmlicher Gestalt. *a* Mittellinie. *b* Gerade Linie für beide vordere Kanten.

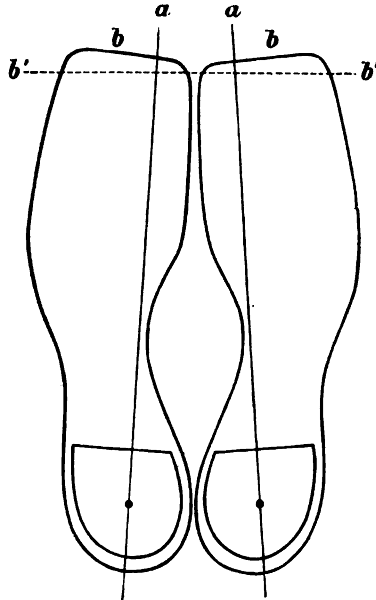


Fig. 39b. Richtige Sohlen. *a* Meyer'sche Richtungslinie. *b'* Vorderer Rand, unschöne Form. *b* Bessere Form des vorderen Randes.

wird über das Nagelbett herausgedrängt und es entsteht chronische Entzündung des Nagelfalzes; der innere Rand wird nach unten, der zugehörige Nagelfalz nach oben gedrängt und dadurch der „eingewachsene“ Nagel hervorgerufen; die erste Phalanx erfährt eine Abknickung gegen den Metatarsusknochen und das allmählich am inneren Fußrande prominierende Metatarsusknöpfchen ist beständigem Druck und chronischen Entzündungen ausgesetzt. — Durch die seitliche Verschiebung der großen Zehe wird ferner der zweiten Zehe der ihr zukommende Platz verkümmert, und dieselbe muß daher verkrüppelt oder falsch gelagert werden. — Endlich führt das fehlerhafte Schuhwerk zur Plattfußbildung; dieselbe beruht auf einer Umlegung des Fußgewölbes, so daß dessen Scheitel nach innen umfällt, während die Stützpunkte nach außen rutschen,

und kommt dadurch zustande, daß der herkömmliche Schnitt des Oberleders den Fuß zu gewaltsammer Pronation veranlaßt. Die größte Höhe des Oberleders ist in der Mittellinie (*a* in Fig. 39a), die größte Höhe des Fußes an seinem Großzehenrand; um den Fuß also in dem Oberleder unterzubringen, muß derselbe eine möglichst starke Pronationslage einnehmen. Dabei rücken die Stützpunkte des Fußgewölbes nach außen, die Schwerlinie wird nach innen verschoben und so der Anfang für die Umlegung des Fußgewölbes gegeben.

In einem richtig gestalteten Schuh soll die große Zehe ihre richtige Lage einnehmen, d. h. die Achse derselben soll die Fortsetzung einer Linie bilden, welche von der Mitte der Ferse nach der Mitte des ersten Metatarsusknochens (*a* in Fig. 39b) gezogen ist. Der innere Rand der Sohle soll vom Metatarso-Phalangeal-Gelenk der großen Zehe bis nach vorn parallell dieser Linie liegen und zwar in einem Abstand von reichlich der halben Breite der großen Zehe. In eben dieser Linie soll auch das Oberleder für die ganze Länge des Fußrückens und der großen Zehe am höchsten gehalten werden.

Eine sorgfältige Hautpflege ist schon dadurch geboten, daß die vielerlei Verunreinigungen, welche auf die Körperoberfläche gelangen, keineswegs vollständig von der Kleidung aufgenommen und mit dem Wechsel derselben entfernt werden. Vielmehr bleibt ein fettiger, schmieriger Überzug auf der Haut zurück, der außerordentlich zahlreiche Sproß- und Spaltpilze beherbergt. Derselbe liefert häufig belästigende Gerüche, setzt die normale Empfindlichkeit der Haut herab, bewirkt oft stärkere Reizung einzelner Hautpartien und gibt eventuell zur Einwanderung pathogener Mikroorganismen Anlaß. Insbesondere wird bei manchen Gewerbe- und Industriebetrieben (Kohlenbergwerke, Bleiweißfabriken, Baumwollspinnereien u. a. m.) die Haut der Arbeiter mit einer festhaftenden Schmutzschicht bedeckt, unter deren Einfluß Störungen des Wohlbefindens und krankhafte Hautaffektionen entstehen.

Eine häufige Reinigung des ganzen Körpers durch lauwarme Bäder sollte daher auch für die ärmere Bevölkerung zur Gewohnheit werden. In dieser Beziehung ist ein wesentlicher Fortschritt zu hoffen.

1. von der Einführung der Volksbäder, in welchen ein warmes Brausebad mit Seife und Handtuch in einzelner Zelle für den Preis von 10 Pfennig geboten wird. Derartige Bäder bestehen in Berlin, Breslau, Magdeburg usw.; eine Musteranstalt nach Lassars Angaben von achteckigem Grundriß ist in Frankfurt a. M. eingerichtet (Fig. 40).

Im zentralen Teil befindet sich der Dampfkessel, ringsum liegen 14 Zellen, 4 für Frauen, 10 für Männer in vom Eingang ab völlig getrennten Abteilungen. Das in jeder Zelle an der Innenwand angebrachte, 30 Liter fassende Wassergefäß hat ein Wasserstandsrohr, das von dem zentralen Betriebsraum aus

beobachtet werden kann. Dies Wasser hat 40° und kann mit kaltem Wasser beliebig temperiert werden.

2. von Schulbädern, die zuerst in Göttingen, später in verschiedenen anderen Städten zur Einführung gelangt sind.

Im Souterrain jeder Volksschule werden warme Brausebäder verabreicht und zwar können je drei Kinder unter einer Brause baden. Sind drei Brausen vorhanden, so dauert das Baden einer Klasse von 50 Kindern ca. 50 Minuten. Die Kinder verlassen die Klasse in einzelnen Abteilungen, so daß jedes Kind nur etwa 10 Minuten in der Klasse fehlt. Dieselbe Klasse hat alle 8—14 Tage Badestunde und für diese wird eine Stunde ausgewählt, in welcher Abschreibeübungen, Wiederholungen oder kursorisches Lesen auf dem Lehrplan stehen, so daß keine wesentliche Störung des Unterrichts eintritt. — Die Kinder werden durch diese Schulbäder in wirksamer Weise zur Reinlichkeit des Körpers und der Kleidung erzogen.

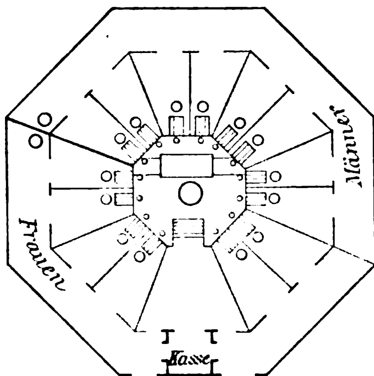


Fig. 40.
Volksbrausebad.

3. von Arbeiterbädern. In zahlreichen industriellen Etablissements sind bereits warme Brausebäder mit bestem Erfolg eingeführt.

Weitergehende, nicht nur auf eine Reinigung des Körpers abzielende Wirkungen kommen den kalten Abwaschungen und Bädern (Schwimmbädern) zu. Dieselben sind in heißen Klimaten ein wichtiges Mittel zur Entwärmung des Körpers. Außerdem vermögen sie bei systematischer Anwendung die Reaktionsfähigkeit der Haut in erheblichem Grade zu steigern und die Disposition für Erkältungskrankheiten zu vermindern.

Literatur: Rubner, Handbuch der Hygiene, Wien 1888, und zahlreiche Abhandlungen über die Eigenschaften der Kleidung im „Archiv für Hygiene" 1887—1895. — Rumpel, Über den Wert der Bekleidung usw., Archiv f. Hygiene, Bd. 9. — Nocht, Vergleichende Untersuchungen über verschiedene zu Unterkleidern verwendete Stoffe, Zeitschrift f. Hygiene, Bd. 5. — Hiller, Über die Brauchbarkeit porös-wasserdicht gemachter Kleiderstoffe usw., Deutsche militärärztliche Zeitschr. 1888. — H. v. Meyer, Zur Schuhfrage, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 3. — Lassar, Über Volksbäder, Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 19. — Die Kultur-Aufgabe der Volksbäder, Rede usw., Berlin 1889.

Siebentes Kapitel.

Die Wohnung.

(Wohnhaus- und Städteanlagen.)

Während das Wohnhaus ursprünglich vorzugsweise zum Schutze gegen schädliche Einflüsse, namentlich gegen Wind und Wetter, errichtet wurde, bezeichnet man es in neuerer Zeit vielfach als Quelle von Gesundheitsstörungen und als besonders verdächtigen Teil unserer Umgebung. In der Tat führt das Leben im Hause und speziell das Zusammenwohnen mit zahlreichen anderen Menschen zu einer Reihe von Gefahren, die um so beachtenswerter erscheinen, als der zivilisierte Mensch den weitaus größten Teil seines Lebens im Wohnhaus zubringt. Beim Bau und bei der Einrichtung des Hauses, bei der Versorgung desselben mit Wärme, Luft und Licht, bei der Beseitigung der Abfallstoffe kann es zur Verletzung derjenigen hygienischen Vorschriften kommen, die in den vorstehenden Kapiteln aufgestellt und begründet wurden. Solche Abweichungen von der hygienischen Norm werden dadurch befördert, daß sehr verschiedene Interessen beim Bau und der Einrichtung des Hauses konkurrieren. In erster Linie pflegen die Kosten der Anlage, sodann soziale und ästhetische Motive, ferner Rücksichten auf Feuersgefahr in Betracht zu kommen. Es ist zweifellos schwierig, die Forderungen der Hygiene mit allen diesen berechtigten Interessen in Einklang zu bringen.

Die daraus sich ergebenden hygienischen Beziehungen des Wohnhauses sind in folgendem in der Weise erörtert, daß die Darstellung dem Bau des Hauses gleichsam folgt. Zunächst ist der Bauplatz, die verschiedene Form des Wohnhauses, die Aufstellung des Bebauungsplanes und die Bauordnung zu besprechen; sodann die Fundamentierung, der Bau und die innere Einrichtung des Hauses; ferner die speziellen Vorrichtungen zur Regulierung der Temperatur, zur Lüftung und Beleuchtung; schließlich die in großen Städten besondere Berücksichtigung erheischenden Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und zur Leichenbestattung.

I. Vorbereitungen für den Bau des Wohnhauses.

A. Wahl und Herrichtung des Bauplatzes.

Ist die Wahl des Platzes freigestellt, so sind die Seite 100 betonten Einflüsse der Oberflächengestaltung zu berücksichtigen.

Der Boden soll porös, trocken und frei von stärkeren Verunreinigungen sein. Nur bei Malariagefahr ist kompakter Felsboden einem porösen Untergrund vorzuziehen.

Zeigt sich der im übrigen zweckentsprechende Baugrund zu feucht, so fragt es sich, ob und mit welchen Mitteln eine Trockenlegung desselben ausführbar ist.

Die Entscheidung wird sich in jedem Falle nach der Ursache der Bodenfeuchtigkeit richten müssen. Gehört der Bauplatz zum Überschwemmungsgebiete eines Flusses, so kann eventuell durch Regulierung des Flusses bzw. durch starke Aufschüttung des Terrains geholfen werden. Ist diese Abhilfe nicht in völlig befriedigender Weise zu beschaffen, so ist ein solcher Platz für die Errichtung menschlicher Wohnungen völlig ungeeignet.

Oder die Ursache der Feuchtigkeit liegt in einem zeitweise zu geringen Abstande des Grundwassers von der Bodenoberfläche. Für jedes Bauterrain soll der maximale Grundwasserstand durch längere Beobachtung bekannt sein, und letzterer darf die Kellersohle des Hauses, welche $1\,^1/_2$—2 m unter die Bodenoberfläche herabreicht, niemals berühren.

Ist diese Forderung nicht erfüllt, so muß der Abstand zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche künstlich vergrößert werden, und zwar dadurch, daß man entweder das Terrain aufschüttet, oder den Grundwasserspiegel senkt mittels Drainierung des Untergrundes bzw. mit Hilfe der Kanalisation, welche schon aus anderen Gründen in jeder größeren Stadt eingeführt zu werden pflegt. Bei sehr großen Grundwasseransammlungen ist allerdings eine Tieferlegung durch Drainrohre oder Kanäle nicht zu erzielen; dagegen kann bei kleineren Grundwassermassen eine sehr vollständige Besserung des Bauplatzes durch die Maßnahmen erfolgen.

Zuweilen ist schon durch Anpflanzung schnell wachsender Pflanzen Abhilfe zu schaffen, welche große Mengen von Wasser verdunsten. Dazu eignen sich z. B. der Wasserreis, die Sonnenblume und namentlich der blaue Gummibaum (Eucalyptus globulus).

Drittens kann eine feuchte Beschaffenheit des oberflächlichen Bodens dadurch bedingt sein, daß dichter, schwer durchlässiger (z. B. lehmiger) Boden von geringer Neigung des Terrains vorliegt. Die Niederschläge werden dann in Form von oberflächlichen Ansammlungen lange zurückgehalten. Ist solcher Boden mit dichtem Buschwerk besetzt, so wird die Verdunstung gehindert und es kommt zu anhaltender Durchfeuchtung. — In solchem Fall ist die Oberfläche zu aptieren, mit bestimmter Neigung und Abfluß zu versehen, die Büsche und Sträucher sind teilweise zu entfernen und statt dessen eventuell Rasen anzupflanzen. — In den Tropen ist mit Rücksicht auf die Malariagefahr eine Beseitigung der Bodenfeuchtigkeit besonders wichtig.

B. Die verschiedenen Formen des Wohnhauses und ihre hygienische Bedeutung.

Der Bauplan wird naturgemäß je nach der Bestimmung des Gebäudes sehr verschieden sein; hier soll einstweilen nur der Fall betrachtet werden, daß es sich um ein städtisches Wohnhaus innerhalb der gemäßigten Zone handelt.

Aber auch bezüglich eines solchen Wohnhauses lassen die Sitten und Gebräuche der verschiedenen zivilisierten Völker der gemäßigten Zone sehr große Differenzen erkennen.

In vielen amerikanischen und englischen, auch in einzelnen norddeutschen Städten herrscht entschieden das Bestreben vor, für eine oder höchstens zwei Familien kleine 1—2stöckige Häuser zu konstruieren, die entweder ganz freistehen, von Gärten und Höfen umgeben (Villensystem), oder höchstens mit einer Seitenwand aneinander gelagert sind (Doppelvillen). Derartige Familienhäuser sind mehr wie andere Wohnungen geeignet, den Sinn für Häuslichkeit und Familienleben zu wecken; durch dieselben wird außerdem einem stärkeren Zusammendrängen von Menschen am wirksamsten vorgebeugt, und alle hygienischen Maßregeln sind hier weit leichter durchführbar. Allerdings gewinnen die Städte durch eine solche Bauweise beträchtlich an Ausdehnung, und es ist daher notwendig, auf bequeme und billige Beförderungsmittel Bedacht zu nehmen, damit die großen Entfernungen nicht störend einwirken.

In englischen und holländischen dicht bewohnten Städten ist man zwar zur geschlossenen Bauweise übergegangen, bei welcher jeder seitliche Abstand zwischen den Häusern in Wegfall kommt. Aber das Bestreben, für die Familie ein Haus ausschließlich zur Verfügung zu haben, ist noch so entwickelt, daß zahlreiche sehr schmale Häuser gebaut werden, deren jedes durch alle seine Stockwerke hindurch von einer Familie bewohnt wird. Auch bei dieser Bauart sind von vornherein manche Unannehmlichkeiten und Gefahren vermieden, welche durch das Zusammenleben vieler Familien unter einem Dache entstehen.

In der weit überwiegenden Mehrzahl werden indessen in den modernen Städten jetzt nur noch große Mietshäuser, Mietskasernen, deren jede zahlreiche Familienwohnungen umfaßt, in geschlossener Bauweise errichtet. Alsdann ist das Bestreben des Besitzers stets darauf gerichtet, den Raum des Bauplatzes möglichst auszunutzen und auf demselben möglichst viele Menschen unterzubringen. Hier kommt es dann leicht zu schweren Mißständen, und in der Gegenwart haben sich

diese derartig gesteigert, daß die „Wohnungsfrage“, d. h. die Frage der Abhilfe gegenüber den sozialen und hygienischen Schäden, welche zahlreichsten Wohnungen anhaften, für das Volkswohl von der allergrößten Bedeutung geworden ist.

Auch bei sorgfältiger Bauart bringt die Mietskaserne gewisse sittliche Gefahren mit sich; sie gibt zu Streit der Hausgenossen und Verführung Anlaß, der Gewissenhafte, Nüchterne, Reinliche leidet unter der Unsitte der Nachbarn und gibt schließlich seine Eigenart auf; das Familienleben bietet keine Behaglichkeit, und die Loslösung des einzelnen vom Hause wird befördert; häufiger Wechsel der Wohnung untergräbt die Anhänglichkeit an das eigene Heim.

Alle sozialen und hygienischen Mißstände werden sich um so stärker häufen, je dichter gedrängt die Bevölkerung in der Mietskaserne lebt. Ein lehrreiches Bild der tatsächlich jetzt in Großstädten vorliegenden Wohnverhältnisse gibt die folgende, nach der Volkszählung vom 2. Dezember 1895 erhobene Statistik:

Von 1000 Bewohnern wohnten in Wohnungen mit heizbaren Zimmern:

	1 ohne Zubehör	1 mit Zubehör	2	3	4
Königsberg . . .	8	533	219	103	56
Breslau	327	117	301	133	50
Dresden	25	393	271	138	64
Hannover . . .	4	347	327	148	62
Frankfurt a. M. .	22	51	263	283	147

Von 1000 bewohnten Wohnungen waren übervölkert, d. h.

	mit 1 heizbaren Zimmer ohne Zubehör u. mit 6 u. mehr Bewohnern:	mit 1 heizbaren Zimmer mit Zubehör u. mit 6 u. mehr Bewohnern:	mit 2 heizbaren Zimmern u. mit 11 u. mehr Bewohnern:
Königsberg . .	1	147	3
Breslau . . .	50	27	2
Dresden . . .	0·2	81	3
Hannover . .	0·1	69	2·4
Frankfurt a M..	0·6	5	0·9

Namentlich in den ärmeren, weniger kultivierten östlichen Provinzen lebt demnach ein sehr großer Bruchteil der städtischen Bevölkerung in völlig unzureichenden Wohnungen.

So zweifellos die sittlichen und sozialen Schäden der dicht bevölkerten Mietskasernen zutage liegen, und so zweifellos ferner das Leben in übervölkerten, engen und dunklen Wohnungen die Bewohner ungünstig beeinflußt, die Freude am Dasein beeinträchtigt und die Leistungsfähigkeit herabdrückt, so ist es doch nicht ganz leicht, die hygienischen Schäden, die von solchen Wohnungen ausgehen, bestimmt zu formulieren und quantitativ richtig abzuschätzen.

In populären hygienischen Schriften werden gewöhnlich die Schlagworte „Luft und Licht“ gebraucht; die Verschlechterung der Luft durch die Exspirationsprodukte der Bewohner und das Fehlen der günstigen Lichtwirkung auf den menschlichen Organismus sowie des schädigenden Lichteinflusses gegenüber Bakterien soll vorzugsweise die hygienische Minderwertigkeit enger Wohnungen charakterisieren.

Einer strengeren Kritik halten diese Anschauungen aber nicht stand. Wie oben ausgeführt wurde, geht von der sogenannten Luftverschlechterung eine irgend erheblichere Gesundheitsstörung nicht aus. Ebenso konnte der Einfluß des Lichts bisher nicht als so wichtig für den Gesamtorganismus erwiesen werden (s. S. 57), daß wir von einem gewissen Minus an Licht einen meßbaren und an der Morbidität und Mortalität statistisch nachweisbaren Einfluß erwarten dürfen. Auch die bessere Abtötung der Krankheitserreger in stärker belichteten Zimmern setzt die Infektionschancen in diesen nicht etwa auf 0 herab, sondern vermindert sie gegenüber dunkleren Wohnungen nur um einen kleinen Bruchteil, da die weitaus meisten Übertragungen durch Krankheitserreger erfolgen, welche in Wäsche, Kleidern, Betten usw. dem Lichteinfluß entzogen sind. Die offenbare Wirkung lichter Räume und reiner Luft auf Stimmung, Genußfähigkeit und Arbeitsfreudigkeit haben hier offenbar zu starken Übertreibungen verführt.

In erster Linie fragt es sich, ob zweifellose akute Gesundheitsschädigungen, die zu Krankheit und Tod führen, von den übervölkerten Wohnungen ausgehen, und welche Einflüsse hierbei vorzugsweise beteiligt sind. — Am bedeutungsvollsten sind in dieser Beziehung die Temperatureinflüsse der Wohnungen, die sich in der enormen Säuglingssterblichkeit der Großstädte in den Hochsommermonaten zu erkennen geben. Wie an anderer Stelle ausgeführt ist, hängt die Zahl derartiger Todesfälle geradezu von der Wohnungstemperatur im Hochsommer ab. Diese ist in überfüllten Mietskasernen schon durch die Zahl der Stockwerke und die Häufung innerer Wärmequellen stets höher als in den kleineren Familienhäusern; nur in letzteren sind außerdem ausreichende kühle Aufbewahrungsräume für Speisen und Milch zu beschaffen, die für die Verhütung der verderb-

lichen Verdauungsstörungen des Säuglings so wichtig sind; nur dort ist ein Aufenthalt der Kinder über Tags im Freien und eine ausgiebige Kühlung der Wohnräume durch Lüftung möglich.

Zweitens ist die Ausbreitung ansteckender Krankheiten durch die Mietskasernenwohnung begünstigt, weil in dicht bevölkerten Häusern die Absperrung des Kranken und das Fernhalten des Kontagiums von den übrigen Bewohnern auf besondere Schwierigkeiten stößt. Unter den Kinderkrankheiten kommt hier namentlich Diphterie in Betracht; Scharlach und insbesondere Masern und Keuchhusten weniger, weil diese auch in einwandfreien Wohnungen die übrigen empfänglichen Insassen nicht zu verschonen pflegen. — Von den übertragbaren Krankheiten der Erwachsenen ist die Phthise an erster Stelle zu nennen. Je dichter die Bewohnung, je unvermeidlicher die Berührungen und der dauernde Aufenthalt in nächster Nähe des Kranken ist, um so leichter wird das Kontagium auf andere Bewohner (namentlich Kinder) übergehen, während chemische Luftbeschaffenheit und Lichtverhältnisse auch hier von untergeordneter Bedeutung sind.

Besonders gefährlich sind die Mietskasernen noch, wenn man außer der Ausbreitung der Krankheit in derselben Familie auch die Übertragung auf andere Familien berücksichtigt. Je mehr im Mietshaus gemeinsame Räume und Einrichtungen in Benutzung sind, um so größer wird diese Gefahr der Ausbreitung. Durch Treppenhaus und Flur, durch Waschküche und Trockenboden, durch Klosett, Wasserzapfstelle oder Brunnen, durch den Verkehr und die Spiele der Kinder in den Höfen oder auf der Straße wird bei dichter Bewohnung massenhaft Gelegenheit zu weiteren Übertragungen geboten.

Faßt man diese erheblichsten hygienischen Schädigungen durch die Wohnung ins Auge, so ist es klar, daß der Kampf gegen die Wohnungsnot eigentlich nach zweierlei Richtungen geführt werden kann, die ein sehr verschiedenes Vorgehen erfordern, namentlich auch bezüglich der Schnelligkeit und Energie, mit der die Durchführung der Maßnahmen wünschenswert erscheint. Die radikale Änderung der Wohnungsverhältnisse, so daß möglichst alle übervölkerten, engen, lichtlosen Wohnungen beseitigt werden, erfordert offenbar lange Zeiträume und ungeheuere finanzielle Opfer. Es wird noch viele Jahrzehnte dauern, bis die wesentlichsten sozialen Mißstände auf diesem Gebiete als beseitigt gelten können.

Es wäre aber ein höchst beunruhigender Gedanke, wenn wir mit so langen Fristen und so schwer zu beschaffenden Hilfsmitteln rechnen müßten, auch wo es sich um die vorhin aufgezählten ernsten Gefahren für die Gesundheit handelt. Gegen diese Gefahren müssen wir

erheblich rascher und vollkommener Schutz zu gewähren suchen, und wir können dies, weil hier Maßnahmen wirksam sind, die mit der sozialen Wohnungsreform nicht notwendig verknüpft werden müssen und sich oft viel leichter und mit geringerem Aufwand von Mitteln durchführen lassen.

So kommt für die Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit die Lieferung steriler Kindernahrung in den Sommermonaten, die Einführung einfacher billiger Sterilisierapparate, eventuell die Anlage von geeigneten Aufbewahrungsräumen für Speisen, ferner die Einrichtung von Krippen, die Gewährung von Stillprämien usw. in Betracht. Zur Bekämpfung der ansteckenden Krankheiten hilft die Entlastung der Wohnung von solchen Kranken, die Überführung akut Kranker in Krankenhäuser und chronisch Kranker in Rekonvaleszentenheime, der Phthisiker in Lungenheilstätten, Walderholungsstätten usw. Ferner ist eine gut organisierte häusliche Krankenpflege, durch welche richtige Maßnahmen in bezug auf Isolierung und Desinfektion Verbreitung finden, außerdem Sorge für reichlichste Wasserbenutzung und Reinlichkeit von großer Bedeutung.

Sehr wichtig ist endlich für leicht Kranke, Rekonvaleszenten und Gesunde die Ermöglichung eines zeitweisen Aufenthalts im Freien. Durch Vorgärten, Kinderspielplätze, Erholungsplätze für Erwachsene, Schrebergärten, gute und billige Verkehrsmittel nach nahegelegenen Wäldern und Bergen sollten die breitesten Schichten der Bevölkerung instand gesetzt werden, sich häufig im Freien aufzuhalten. Damit wird, wie bereits S. 88 ausgeführt wurde, hygienisch viel mehr erreicht, als wenn die Wohnung etwas vergrößert oder mit einer Lüftungsvorrichtung versehen wird.

Vieles und gerade das Dringlichste kann in dieser Weise geschehen, bereits ehe das schwierige Problem, für einen großen Teil der Bevölkerung erheblich geräumigere Wohnungen zu beschaffen, gelöst ist; und gerade jene sofort durchführbaren Maßregeln, durch welche die schwersten hygienischen Schäden gemildert werden können, sollten durchgehends zunächst ins Auge gefaßt werden.

Daneben ist selbstverständlich konsequent darauf Bedacht zu nehmen, die Wohnungsverhältnisse selbst von Grund aus zu bessern; und in dieser Beziehung werden wir ebensowohl durch hygienische wie durch soziale und moralische Motive immer wieder dazu gedrängt, das System der Mietskaserne möglichst einzuschränken und den Bau kleinerer Häuser für einzelne oder für eine beschränkte Zahl von Familien zu begünstigen. Wo aber Mietskasernen unvermeidlich sind, da ist Vorsorge zu treffen, daß die Dichtigkeit der Bewohnung keine zu große wird und daß gewisse, das Wohlbefinden der Bewohner

erheblich beeinflussende bauliche Einrichtungen durchgeführt werden. In dieser Richtung bedeutungsvoll ist 1. die Aufstellung zweckmäßiger städtischer Bebauungspläne, 2. der Erlaß einer Bauordnung und die Einführung einer Wohnungskontrolle. 3. die planmäßige Errichtung zahlreicher kleinerer Wohnhäuser.

C. Städtische Bebauungspläne.

Sobald die Erweiterung einer Stadt in Aussicht steht, muß ein bestimmter Bebauungsplan aufgestellt werden. Dabei ist von vornherein z. B. zu erwägen, ob eine Verteilung der Bevölkerung in der Weise möglich sein wird, daß die Großindustrie, Fabriken und Arbeiterquartiere in einem peripheren Teil vereinigt werden, während den Gewerbtreibenden mehr die zentralen Teile, und der geistig arbeitenden Bevölkerung, welche berechtigten Anspruch auf eine gewisse Ruhe der Umgebung hat, andere periphere Abschnitte überlassen werden. Falls eine solche Trennung möglich ist, können zahlreiche unzuträgliche Kollisionen vermieden werden.

Ferner ist zu erwägen, ob die neuen Stadtteile besser ihre besonderen Zentren (Märkte, Bahnhöfe, Vergnügungslokale usw.) erhalten und ob dadurch eine Dezentralisation angestrebt werden soll; oder ob die Interessen der Stadt eine gewisse Abhängigkeit vom zentralen Kern wünschenswert machen.

Schon frühzeitig sind die Hauptstraßenzüge, Plätze, Eisenbahn- und Pferdebahnlinien festzulegen, während die Details der weiteren Einteilung erst bei Beginn der Bautätigkeit normiert werden.

Um weiträumige Bebauung mit Familienhäusern oder kleineren Miethäusern möglichst zu fördern, ist eine unterschiedliche Behandlung der Bauordnungen für das Innere, für die Außenbezirke und für die Umgebung von Städten wünschenswert. In den neuen Stadtteilen sollte wenigstens in einzelnen Bezirken weiträumige Bebauung erfolgen und die Mietskaserne verboten sein.

Die meisten größeren Städte haben jetzt bereits eine Zonenbauordnung, d. h. eine Abstufung der Bauordnung nach zwei oder drei Bauklassen, eingeführt. Klasse I umfaßt vier- und fünfgeschossige Miethäuser, die breite und zahlreiche Straßen voraussetzen, in Klasse II sind kleinere Miethäuser, engere Straßen, Raum für Gärten und daher größere Häuserblocks vorzusehen; Klasse III umfaßt Einfamilienhäuser und Arbeiterwohnhäuser in offener oder halboffener Bauweise und in Blöcken von geringer Tiefe, um Hinterhäuser möglichst auszuschließen.

Für die Anlage von Straßen kommen verschiedene Gesichtspunkte in Betracht. Man unterscheidet zweckmäßig zunächst Ver-

kehrs- und Wohnstraßen. Erstere laufen vorzugsweise radial vom Verkehrszentrum nach der Peripherie; sie müssen größere Breite, gerade Linien und rechtwinklige Kreuzungen haben. Als Wohnstraßen eignen sich hauptsächlich solche, die ringförmig verlaufen. Zwischen letzteren werden hier und da zur Verbindung von Hauptknotenpunkten breitere Diagonalstraßen angelegt. — Die von den Straßen umschlossenen Häuserblocks sollen tunlichst Rechtecke bilden, sind im übrigen in ihrer Form von der Örtlichkeit, in ihrer Größe wesentlich von der Art der Bebauung (s. oben) abhängig.

Als ein mehr hygienischer Gesichtspunkt kommt für die Straßenrichtung in Betracht, daß dieselbe womöglich nicht rein äquatorial (West-Ost) sein soll. Es resultiert hierbei eine ausgeprägte Schatten- und eine Sonnenseite, welche enorme Differenzen im Klima ihrer Häuser aufweisen; bei der nach Süden gerichteten Fensterfront erfolgt im Sommer infolge des Hochstandes der Sonne nur ein geringer Einfall von Sonnenlicht, dagegen im Winter bis weit in die Zimmer hinein, es liegen hier also die günstigsten Verhältnisse vor. Um so schlechter ist die Nordseite bedacht. Der Mangel an Sonne kann hier nicht etwa durch die Südlage der Rückseiten ausgeglichen werden, da infolge der Bauart der Häuser hier gewöhnlich nur Wirtschaftsräume, Treppenhäuser und Schlafzimmer liegen. — Bei meridionalen Straßenrichtungen (Nord-Süd) ist die Insolation gleichmäßiger auf beide Seiten verteilt, aber sie wirkt wegen der im Sommer tief in die Fenster dringenden Sonne ungünstiger wie auf der Südseite.

Außerdem ist hervorgehoben, daß der meridionale Verlauf durch die herrschende Windrichtung nachteilig beeinflußt wird. In Norddeutschland sind äquatoriale Winde häufiger, und diese bewirken eine lebhaftere Ventilation in den gleichgerichteten Straßen und deren Häusern. Daher sollen die Straßen am günstigsten liegen, welche von Nordost nach Südwest bzw. von Nordost nach Südost gerichtet sind, so daß sowohl Sonne wie Wind gut ausgenutzt und möglichst gleichmäßig verteilt werden. — Man wird jedoch in den seltensten Fällen allen konkurrierenden Gesichtspunkten Rechnung tragen können; und da die hygienischen Forderungen in dieser Beziehung wenig scharf begründet sind, wird man meist den technischen und künstlerischen Interessen die Entscheidung überlassen.

Zur Pflasterung der Straßen soll ein Material benutzt werden, das möglichst wenig Staub liefert, also hart und schwer zerreiblich ist. Ferner ist ein gleichmäßiges Quergefälle, je nach dem Material 15—70 Promille, einzuhalten, welches schnelles Abfließen des Wassers und leichte Reinigung ermöglicht. Etwaige Zwischenräume zwischen den Pflastersteinen sollen mit fest zusammenhängender, nicht staubender Füllung gedichtet sein. Chaussierte Fahr-

straßen sind in Städten ganz zu verwerfen. — Zur Schonung des Pflasters ist es wichtig, daß nicht bei jeder Reparatur von Wasser-, Gas-, Telephonleitungen usw. das Pflaster der Fahrstraße aufgerissen werden muß. Um das zu erreichen, legt man jene Leitungen entweder in besondere unterirdische Tunnel (teuer); oder man bringt sie unter der Decke der größeren Abzugskanäle an; oder man verlegt sie in eine Kiesbettung unter dem Fußsteig und macht sie dadadurch viel leichter zugänglich. — Über die Ausführung der Wasserversorgung, der Anlagen zur Entfernung der Abfallstoffe siehe in den folgenden Kapiteln.

Von großer Bedeutung sind zahlreiche mit Bäumen, Gärten und Anlagen versehene freie Plätze (Verkehrs-, Nutz-, Architekturplätze). Nicht als ob durch die wenigen Bäume irgendwelche nennenswerte Verbesserung der Luft bewirkt werden könnte; sondern, abgesehen von dem wohltuenden Eindruck solcher Unterbrechungen des Häusermeeres auf Auge und Stimmung, liegt ihr Wert vorzugsweise darin, daß sie den Umwohnern Gelegenheit bieten, mit wenig Aufwand an Zeit einzelne Tagesstunden im Freien zuzubringen und namentlich im Sommer sich von der Hitze der Arbeitsräume und Wohnungen zu erholen. Für Kinder in den ersten Lebensjahren bildet eine solche Möglichkeit zum Verweilen im Freien ein wichtiges Mittel, um die Gefahr der mörderischen Krankheiten der Sommermonate zu verringern; und nicht minder kann das Herumtummeln der heranwachsenden Kinder auf freien Plätzen manchen krankhaften Störungen vorbeugen.

Mit Rücksicht auf diesen Einfluß der freien Plätze sollten dieselben in großer Zahl und möglichster Verteilung vorhanden sein. Wenige größere Anlagen bieten bei weitem nicht die gleichen Vorteile, weil die entfernter Wohnenden nur selten Zeit und Gelegenheit zum Besuche derselben finden. Ferner ist bei dem Arrangement der Plätze darauf Bedacht zu nehmen, daß sie nicht vorzugsweise als Zierat dienen, sondern in erster Linie den Anwohnern längeren Aufenthalt ermöglichen und hygienischen Nutzen bringen.

Bezüglich der Unterhaltung der Straßen und Plätze hat die Hygiene eine sorgfältige Reinigung und bei austrocknender Luft reichliche Besprengung mit Wasser zu fordern; erstere, um Infektionen von der Bodenoberfläche aus nach Möglichkeit einzuschränken; letzteres, um die Belästigung der Atmung durch staubige Luft zu hindern. — Versuche, dem lagernden Staub durch Besprengen mit Mineralölen, Westrumit, Teer u. dgl. die Flugfähigkeit zu nehmen und dadurch den Straßenstaub zu beseitigen, sind an verschiedenen Orten im Gange.

D. Bauordnung und Wohnungskontrolle.

Die Bauordnungen sollen der Einsturz- und Feuersgefahr der Gebäude Rechnung tragen, jeder Wohnung genügend Luft und Licht

schaffen und dem übermäßigen Zusammendrängen der Menschen vorzubeugen suchen. Sie enthalten vorzugsweise folgende Vorschriften:

a) Ein gewisser Bruchteil des Grundstücks muß als Hof- und Gartenraum übrig bleiben; derselbe soll im Verhältnis stehen zur Größe des Grundstücks und wird meist auf ein Drittel des Bauterrains normiert.

b) Bezüglich der Bauflucht wird verlangt, daß die Gebäude entweder die Straßenlinie genau einhalten, oder es wird ein Zurückweichen hinter die Fluchtlinie bis zu 3 m gestattet. Im hygienischen Interesse ist ein stärkeres Zurückweichen um 10—20 m weit mehr erwünscht, da dann erst die entstehenden Vorgärten für die Bewohner des Hauses wirklich benutzbar werden.

c) Zahlreiche Bestimmungen regulieren den Abstand der Gebäude voneinander.

Bezüglich des seitlichen Abstandes wird unterschieden zwischen geschlossener Bauweise, Bauten mit geringen Abständen, und offener Bauweise (Pavillonsystem). Bei der geschlossenen Bauweise müssen stets Brandmauern, d. h. massive Mauern ohne jede Öffnung die Häuser verbinden. Ist ein Abstand zwischen zwei Häusern vorhanden, so ist gewöhnlich bestimmt, daß, falls derselbe unter 5 m beträgt, mindestens eine Mauer als Brandmauer fungiert; geht der Abstand über 5 m hinaus, so dürfen beiderseits Öffnungen angelegt werden.

Diese in vielen Städten noch jetzt geltenden Bestimmungen, die vorzugsweise die Feuersicherheit berücksichtigen, befriedigen nicht vom hygienischen Standpunkt. Die kleinen Abstände unter 5 m sind zu verwerfen, weil auch dann, wenn beiderseits Brandmauern sie begrenzen, Winkel zu entstehen pflegen, die zur Ablagerung von allerlei Abfallstoffen dienen. Beträgt aber der Abstand wenig über 5 m und haben dann die Mauern Fenster, so ist nicht daran zu denken, daß durch dieselben die dort gelegenen Zimmer genügend Luft und Licht erhalten. Man muß dann wenigstens verlangen, daß für diese Zimmer noch andere Licht- und Luftöffnungen existieren, oder daß die betreffenden Räume nicht zum Wohnen benutzt werden. Erst dann, wenn der seitliche Abstand ungefähr der Haushöhe gleichkommt, ist auf eine ausreichende Luft- und Lichtzufuhr zu rechnen. Andernfalls ist auf seitliche Abstände ganz zu verzichten und die geschlossene Bauweise zu empfehlen.

Vom gegenüberliegenden Hause soll die Front mindestens um die Haushöhe entfernt sein. Man bezeichnet diese Forderung gewöhnlich durch die Formel $h = b$ (Höhe = Straßenbreite). h rechnet man bis zur Dachtraufe; sind die Dächer sehr steil und ihr Neigungswinkel

größer als 45°, so ist $b = h + x$ zu rechnen, wo x eine Konstante, z. B. 6 m, bedeutet. — Bei Aufstellung dieser Formel ist offenbar nur darauf Bedacht genommen, daß das diffuse Tageslicht bis zur Sohle der Vorderfläche des Hauses gelangt (s. Fig. 41). Sollen die Parterrezimmer aber auch noch bis in eine gewisse Tiefe Himmelslicht erhalten, oder wird eine gewisse Dauer der Insolation der Hausfront gefordert, so ist ein erheblich größerer Abstand der Fronten $\left(b = h + \frac{h}{2}\right)$ notwendig (s. unter „Beleuchtung").

Für Hinterhäuser soll die Regel $h = b$ gelten.

d) Die **Höhe** der Häuser ist zwar schon durch die Bestimmung über das Verhältnis zwischen Haushöhe und Straßenbreite in gewisser Weise limitiert. Es ist aber zweckmäßig, außerdem für den Fall, daß

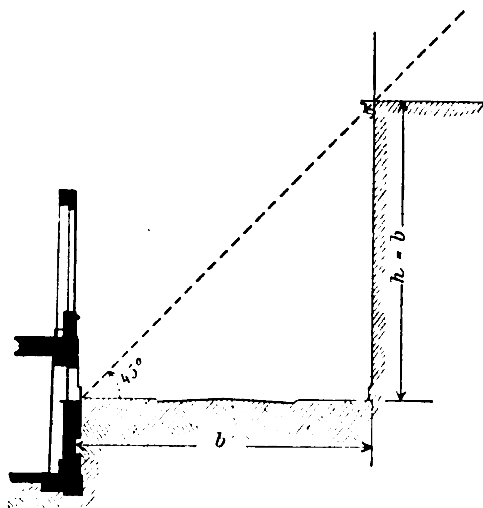


Fig. 41.

sehr breite Straßen existieren, eine maximale Höhe des Hauses (von etwa 20 m) festzusetzen, da mit der Höhe des Hauses die Sommertemperaturen innerhalb der Wohnungen sich steigern, da durch dieselbe ferner die Massenansammlung von Menschen begünstigt wird, und da die Statistik in bestimmter Weise einen schädlichen Einfluß der hochgelegenen Wohnungen auf Tod- und Fehlgeburten nachgewiesen hat.

e) Damit der Häuserspekulant nicht durch zahlreiche niedrige Stockwerke sich für die Beschränkung der Höhe schadlos zu halten sucht, muß die **Zahl der Stockwerke** auf höchstens fünf oder aber

die minimale lichte Höhe der bewohnten Räume auf mindestens $2^1/_2$—3 m festgesetzt werden.

f) Sehr wichtig sind Bestimmungen, welche die Größe der bewohnten Räume nach der Bewohnerzahl normieren (mindestens 10 cbm Luftraum für jeden Erwachsenen, 5 cbm für jedes Kind unter 10 Jahren), und ausreichend Licht und Luft dadurch garantieren, daß für jeden bewohnten Raum bewegliche, nach außen führende Fenster vorgeschrieben werden, deren Fläche mindestens = $^1/_{12}$ der Bodenfläche beträgt.

Eine Inspektion der vorhandenen Wohnungen ist in den letzten Jahren in verschiedenen Städten und Regierungsbezirken eingerichtet, so im Regierungsbezirk Münster 1891, in Posen 1892, im Regierungsbezirk Düsseldorf 1895, in Dresden 1898, Hamburg 1898, Essen 1899. In den Polizeiverordnungen werden „ungeeignete“ und „überfüllte“ Wohnungen unterschieden; für ersteres Prädikat sollen Abnormitäten der Luft- und Lichtlieferung, der Fenster, der Abortanlagen, der Wasserversorgung, sowie abnorme Feuchtigkeit maßgebend sein. Die Methoden zur Prüfung auf diese Abnormitäten sind übrigens nicht genügend festgelegt. — Die Überfüllung wird nach dem auf den einzelnen Bewohner entfallenden Luftraum (s. oben) beurteilt; ferner sind namentlich beschränkende Bestimmungen über Schlafleute, Kost- und Quartiergänger aufgenommen. Als Beispiel diene die im folgenden auszugsweise wiedergegebene Verordnung für den Regierungsbezirk Düsseldorf:

§ 1. Niemand darf ohne Genehmigung der Ortspolizeibehörde in Wohnungen, welche sich in von zwei oder mehr Familien bewohnten Häusern befinden, selbst als Eigentümer oder Besitzer einziehen, oder eine Familie zur Miete oder Aftermiete aufnehmen, sobald die Wohnung polizeilich als zum Bewohnen ungeeignet (§ 2) oder als überfüllt (§ 3) bezeichnet worden ist.

§ 2. Als zum Bewohnen ungeeignet können von der Ortspolizeibehörde diejenigen Wohnungen bezeichnet werden, welche den nachstehenden Anforderungen nicht entsprechen:

1) Alle Schlafräume müssen mit einer Tür verschließbar und mindestens mit einem unmittelbar ins Freie führenden aufschließbaren Fenster versehen sein, dessen Größe nicht geringer als der 12. Teil der Fußbodenfläche sein darf.

2) Speicherräume sind nur als Schlafräume zulässig, wenn sie verputzte oder mit Holz verkleidete Wände haben.

3) Der Fußboden der Schlafräume muß durch gute und dauerhafte Holzdielung oder anderweitige, zweckmäßige Vorrichtung (Estrich, Plattenbelag usw.) vom Erdboden getrennt sein.

4) Die Schlafräume dürfen nicht mit Abtritten in offener Verbindung stehen.

5) Bei jedem Hause muß mindestens ein direkt zugänglicher, verschließbarer, allen Bewohnern des Hauses zur Benutzung freistehender Abort vorhanden sein.

6) Eine genügende Versorgung der Wohnung mit gesundem Wasser muß vorgesehen sein.

§ 3. Als überfüllt können von der Ortspolizeibehörde diejenigen Wohnungen bezeichnet werden, welche nachstehenden Anforderungen nicht entsprechen:

1) Die Schlafräume einer jeden Wohnung müssen für jede zur Haushaltung gehörige, über 10 Jahre alte Person mindestens 10 cbm Luftraum, für jedes Kind unter 10 Jahren mindestens 5 cbm Luftraum enthalten. Kinder, welche das erste Lebensjahr noch nicht vollendet haben, bleiben außer Betracht.

2) Die Schlafräume müssen derart beschaffen sein, daß die ledigen, über 14 Jahre alten Personen nach dem Geschlecht getrennt in besonderen Räumen oder Abschlägen schlafen können, und daß jedes Ehepaar für sich und seine noch nicht 14 jährigen Kinder einen besonderen Schlafraum oder doch einen besonderen Abschlag im Schlafraum besitzt.

§ 4. Abweichungen von den in § 2 und § 3 aufgestellten Anforderungen kann die Ortspolizeibehörde in besonders gearteten Fällen gestatten.

§ 5. Jede Zuwiderhandlung gegen diese Verordnung wird mit Geldstrafe bis zu 30 Mark, im Unvermögensfalle mit verhältnismäßiger Haft bestraft.

Die ausführenden Organe der Wohnungsaufsicht sind in manchen Orten die Polizeiorgane; zweckmäßiger erscheint es, entweder eine besondere „städtische Behörde für Wohnungspflege“ zu begründen (Hamburg), in der ein Wohnungsinspektor, einige Kreisärzte und eine Anzahl ehrenamtlich fungierender Bürger mitwirken; oder die Wohnungskontrolle wird den durch das neue Kreisarztgesetz vorgesehenen städtischen Gesundheitskommissionen übertragen.

Ein sofortiges Eingreifen der Wohnungspolizei ist in vielen Fällen nicht durchführbar, weil die Insassen der überfüllten und ungeeigneten Wohnungen nicht ohne größeren Kostenaufwand zweckentsprechender untergebracht werden können, oder weil eine Reduktion der Schlafgäste und Kostgänger den Vermietern ihren einzigen Erwerb schmälert Meist ist daher nur bei der Aufnahme neuer Mieter bzw. bei der Einrichtung neuer Schlafstellen ein Eingreifen möglich. Der allmähliche erhebliche Vorteil einer derartigen Kontrolle steht trotzdem außer Frage. — In England nehmen städtische Logierhäuser Familien, die aus überfüllten Wohnungen delogiert werden, auf; eine Einrichtung, die auch bei uns Nachahmung zu finden verdient.

E. Der Bauplan für ein Wohnhaus.

Für größere Miethäuser variiert der Bauplan je nach dem Charakter des Stadtteils, der Straßenlage, nach der Anzahl und dem Mietpreis der Wohnungen und nach besonderen örtlichen Verhältnissen.

Meist wird das Prinzip der möglichsten Ausnutzung des Raums befolgt, so daß es knapp an der Läsion der Bauordnung hergeht; insbesondere werden Hof und Gartenraum auf das gesetzlich niedrigste Maß beschränkt. Zahlreiche Räume pflegen ungünstig belichtet und der Luft wenig zugänglich zu sein. Unrichtigerweise werden die hellen Vorderzimmer vielfach als „Salons“ ausgestattet und die ungünstigeren Hinter-

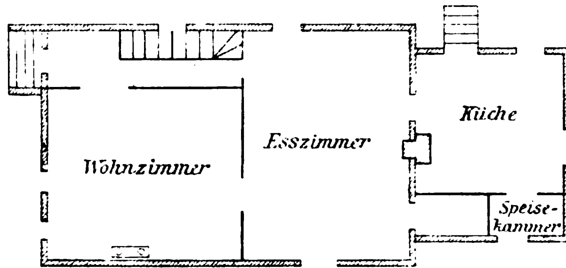


Fig. 42 a.

zimmer als Schlaf- und Kinderzimmer. Sehr mangelhaft sind häufig die Schlafräume für die Dienstboten. Selbst in eleganten Wohnungen fehlt es ferner an den hygienisch so wichtigen zweckmäßigen Aufbewahrungsräumen für Speisen. Die Aborte sind vielfach vom Haupt-

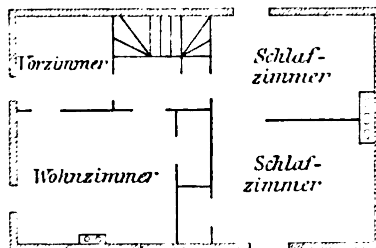


Fig. 42 b.

teil des Korridors oder vom Treppenhaus zugänglich und ungenügend ventiliert.

Alle diese Verhältnisse werden erheblich günstiger, wenn auf einem Bauterrain, für welches durch den Bebauungsplan höchstens zweigeschossige Häuser mit offener Bauweise festgelegt sind, Miethäuser errichtet werden, die nur eine kleine Anzahl von Familien aufnehmen. Der Wert der Grundstücke ist dann so viel niedriger, daß der Besitzer nicht in dem Maße wie in der vorerwähnten Bauklasse den Raum auszunutzen braucht. Dementsprechend treten die hygienischen Mängel zurück.

Noch günstiger liegen die Verhältnisse beim Einfamilienhaus. Für besser situierte Familien variiert hier der Bauplan je nach der Größe der Familie und nach der Zahl und Ausstattung der Räume bedeutend. Ein gewisses Schema wird in den nordamerikanischen Vorstädten eingehalten. Die „3000-Dollar"-Häuser (Fig. 42 a u. b) enthalten dort im Erdgeschoß Vorraum, Wohnzimmer und Eßzimmer, im oberen Geschoß die Schlafräume, in einem besonderen an das Eßzimmer anstoßenden Anbau mit separatem Eingang die Küche und Speisekammer. Je nach Bedarf kann dieser entschieden praktische Grundriß erweitert werden.

Neuerdings gehen die Bestrebungen besonders dahin, für Arbeiter Einfamilienhäuser herzustellen. Der Raum kann alsdann erheblich reichlicher, mindestens doppelt so hoch pro Bewohner, bemessen werden, als im städtischen Miethaus. Für jede Familie ist eine Küche mit zweckmäßigem Speiseschrank, ein Wohnzimmer und ein oder zwei Schlafzimmer als Minimum vorzusehen; ferner etwas Bodenraum, ein Abort, etwas Gartenterrain, unter Umständen ein kleiner Stall. Ein Zuviel von Räumen verführt zur Aftervermietung und Schlafburschenwesen. Zu große Räume erfordern zuviel Heizung und Reinigung. Besondere Ventilationseinrichtungen sind unnötig; der Arbeiter pflegt sie stets außer Funktion zu setzen. Der Wasserbezug und die Beseitigung der Abwässer muß nach Möglichkeit erleichtert sein.

Die Häuser sind in offener oder halboffener Bauweise auf dem Terrain so zu verteilen, daß schematische Regelmäßigkeit und uniformes Äußere nach Möglichkeit vermieden wird, und daß zahlreiche Unterbrechungen der Häuserreihen durch Plätze und Anlagen geschaffen werden.

Nicht immer ist für jede Familie ein einzelnes Haus zu ermöglichen. Alsdann sind auch zwei, vier und mehr Familien in einem Hause unterzubringen, dabei aber der Grundriß doch so zu gestalten, daß jede unfreiwillige Kollision zwischen den Familien vermieden wird und der Eindruck des eigenen Heims erhalten bleiben kann.

Ein Beispiel eines völlig freistehenden Einfamilienhauses für Arbeiter bietet der Grundriß Fig. 43. Diese Bauart ist jedoch wegen der Ausdehnung der Außenmauern kostspielig; die Dimensionen sind außerdem etwas reichlich bemessen. — Besser bewährt haben sich Doppelhäuser, die eine Wand gemeinsam haben und deren jedes für eine Familie bestimmt ist. Hier empfiehlt sich z. B. der in Figg. 44a und b gezeichnete Grundriß. Das Haus hat die Eingänge nicht nebeneinander an der Straßenfront, sondern an den entgegengesetzten Seiten, so daß die Bewohner möglichst wenig in Berührung

treten. Hinter dem Hause liegt ein kleines Gebäude für Stall und Abort; dahinter Gartenland, jede Hälfte von der anderen durch Hecken

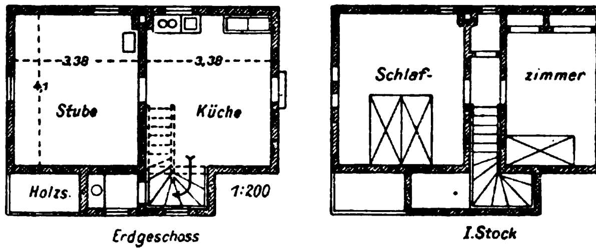


Fig. 43. Einzelwohnhaus für Arbeiter.

geschieden. Die Kosten des halben Doppelhauses betragen 2200 bis 2500 Mark. — Oder der noch einfachere Grundriß Figg. 45 und 46.

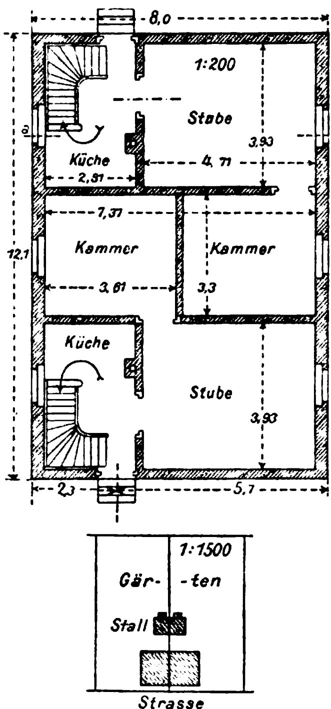


Fig. 44a u. b. Doppelhaus.

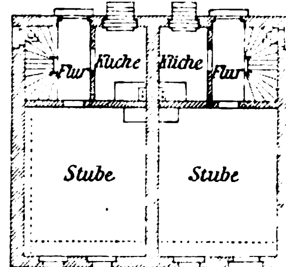


Fig. 45. Doppelhaus (Erdgeschoß).

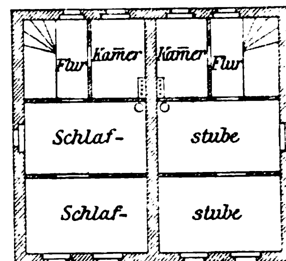


Fig. 46. Doppelhaus (Obergeschoß).

Eine der ersten Arbeiterkolonien bildeten die in Mülhausen im Elsaß gebauten Vierhäuser, bei welchen je vier quadratische einstöckige Häuser so vereinigt sind, daß sie ein größeres Quadrat bilden. Fig. 47 zeigt einen Straßenplan mit solchen Häuservierecken, deren

jedes von einem Gartenviereck umgeben ist; jedes Viertel umfaßt einen Flächenraum von zirka 180 qm. Die Gärten (teils Zier-, teils Gemüsegarten, teils Wirtschaftshof) sind durch Zäune und lebende Hecken getrennt. Der Grundriß (Fig. 48) zeigt im Erdgeschoß die Küche (durch dieselbe erfolgt der Eingang) und ein Wohnzimmer, im oberen Stockwerk zwei Schlafkammern. Die Baukosten betragen etwa 2000 Mark. Ein anderes zweckmäßig angeordnetes Vierfamilienhaus zeigen die Figg. 49 und 50.

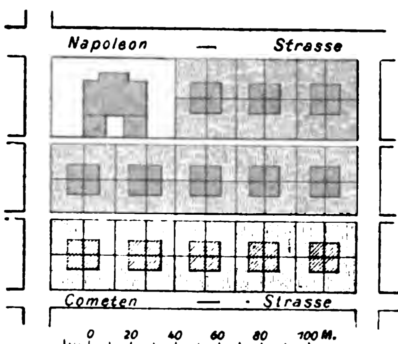


Fig. 47. Arbeiterquartier in Mülhausen i. E.

Noch etwas billiger stellen sich die Reihenhäuser, welche in langer geschlossener Reihe eine größere Anzahl von zweigeschossigen Einfamilienhäusern vereinigen (Fig. 51). Hof- und Gartenraum sind ebenfalls für jede Familie abgegrenzt.

Der Bau aller derartiger Arbeiterhäuser erfolgt fast nur unter Mitwirkung der Arbeitgeber oder gemeinnütziger Gesellschaften. Oft

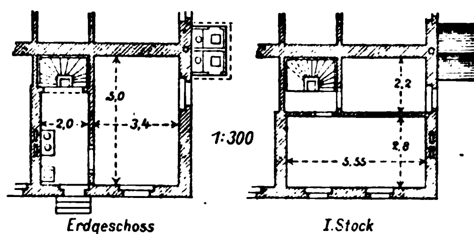


Fig. 48. Grundriß der Mülhäuser Vierhäuser.

wird dabei beabsichtigt, den Arbeiter das Haus womöglich als Eigentum erwerben zu lassen; und dies kann dadurch geschehen, daß ihm Baudarlehen zinsfrei bzw. gegen niedrigen Zinsfuß oder Bauprämien gewährt werden, daß aber der Arbeiter dann nach gewissen Vorschriften den Bau ausführt. Oder der Arbeitgeber baut die Häuser, vermietet sie an Arbeiter, diese können aber durch allmähliche Tilgung der Baukosten das Haus als Eigentum erwerben. In Mülhausen im Elsaß z. B. kostete das Einfamilienhaus 2640 Mark inkl. zugehöriger Gartenfläche. Bei Unterzeichnung des Kaufkontrakts wurden 160—240 Mark eingezahlt; die Miete betrug monatlich 14,40 Mark. Wurden statt dessen monatlich 20 Mark bezahlt, so war der Mieter nach etwa 17 Jahren Eigentümer des Hauses. — Der Gesichtspunkt

der Eigentumserwerbung ist besonders von einigen staatlichen Arbeitgebern durchgeführt; der Bergfiskus hat namentlich große Summen als Bauprämien und unverzinsliche Darlehen an baulustige Arbeiter aufgewendet, so daß von den Arbeitern der Staatsbergwerke in Saarbrücken 42 Prozent, in Halle 27 Prozent, im Oberharz 27 Prozent Hauseigentümer sind. Von anderen Arbeitgebern oder von gemeinnützigen Baugenossenschaften ist dies Prinzip seltener befolgt, weil die

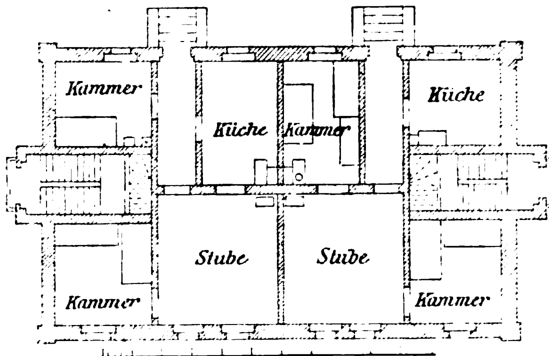


Fig. 49. Vierfamilienhaus.

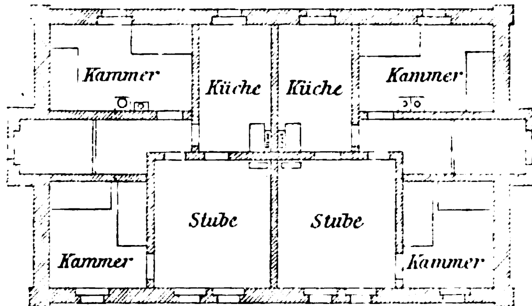


Fig. 50. Vierfamilienhaus.

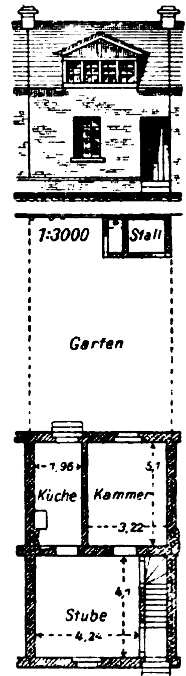


Fig. 51. Reihenhaus.

als Eigentum erworbenen Häuser unter manchen Verhältnissen leicht vom Arbeiter veräußert werden, in Spekulationshände übergehen und dadurch ihrer eigentlichen Bestimmung entzogen werden können.

Meistens werden daher die Arbeiter nur Mieter des vom Arbeitgeber oder von Genossenschaften erbauten und diesen gehörigen Einfamilienhauses; indes können die Mietverträge derart sein, daß die Mieter keinen Wechsel zu gewärtigen haben und fast ganz die Annehmlichkeiten des eigenen Besitzes genießen, wenn z. B. eine Kündigung oder eine Mietsteigerung ausgeschlossen wird, solange der Mieter

seinen Verpflichtungen nachkommt (Hannoverscher Spar- und Bauverein). — Vielfach sind solche Arbeiterhäuser von staatlichen Betrieben (Eisenbahnfiskus) hergestellt; von Gemeinden bisher nur in beschränktem Umfang. Sehr zahlreiche Arbeiterkolonien sind von privaten Arbeitgebern errichtet; hier sei nur auf die Firma Krupp in Essen hingewiesen, welche bereits für mehr als 12 Millionen Mark Arbeiterwohnungen gebaut hat und das Baukapital nur mit etwa 2 Prozent verzinst erhält. Ferner haben viele gemeinnützige Gesellschaften, neuerdings auch solche, die aus der Arbeiterschaft selbst gebildet sind, den Bau geeigneter Wohnungen übernommen; diese Baugenossenschaften werden oft sehr wesentlich dadurch unterstützt, daß ihnen billige Kreditquellen (z. B. von den Altersversicherungsanstalten) eröffnet sind.

Die Herstellung kleinerer Familienhäuser ist indes naturgemäß nur da nützlich, wo die Preise für Grund und Boden entsprechend niedrig sind. Auf großen Gebietsteilen in den Außenbezirken der Städte ist in den letzten Jahren eine solche Bebauung durch die starke Preissteigerung für Grund und Boden unmöglich geworden. In dieser Beziehung muß in Zukunft vorgebeugt werden:

1) durch baupolizeiliche Bestimmungen, namentlich bezüglich der Ausnutzbarkeit der Grundstücke.

2) Durch rechtzeitige Durchführung von Fluchtlinienplänen, so daß die Zahl der am Markt befindlichen Grundstücke möglichst gesteigert wird. Wo die Zersplitterung des Grundbesitzes die Fluchtlinienpläne hindert, muß die Gemeinde das Recht haben zur Umlegung der Grundstücke (Lex Adickes).

3) Durch Besteuerung des unbebauten Geländes, so daß die Zurückhaltung desselben aus spekulativen Absichten durch die Grundsteuer unprofitabel wird.

4) Durch möglichste Erweiterung des kommunalen Grundbesitzes und Verwaltung desselben im Sinne einer rationellen Bautätigkeit.

5) Durch Kreditgewährung seitens der Gemeinde an geeignete Baugenossenschaften (kommunale Baukasse).

Auf zahlreichsten Wegen wird somit vorgegangen, um die Wohnungszustände namentlich für die arbeitende Bevölkerung zu bessern; und es ist nicht zu bezweifeln, daß auf diesem Gebiete in den nächsten Jahren mächtige Fortschritte zu verzeichnen sein werden.

Literatur: Baumeister, Stadterweiterungen usw., Berlin 1874. — Verhandlungen des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1888, 1891, 1893 und 1900. — Stübben, Der Städtebau, im Handb. der Architektur, 1891. — Stübben, Hygiene des Städtebaus, in Weyls Handbuch der Hygiene, 1896. —

NUSSBAUM, Das Wohnhaus. Ebenda 1896. — STÜBBEN, ADICKES, ALBRECHT u. a. in „Neue Untersuchungen über die Wohnungsfrage", herausgeg. vom Verein für Sozialpolitik, Leipzig 1901.

II. Fundamentierung und Bau des Hauses.

1) Das **Fundament** soll das Haus gegen den Boden wasser- und luftdicht abschließen. Wasserdicht deshalb, weil sonst das Bodenwasser sowohl von unten wie von der Seite her in die porösen Bausteine eindringt, in diesen kapillar in die Höhe steigen und die Keller und unteren Stockwerke feucht halten kann. Ist der Boden unrein, so werden gleichzeitig die Verunreinigungen mit dem Wasser in die Höhe geführt und es kommt zur Bildung von sogenanntem Mauersalpeter.

Die Dichtung der Mauern läßt sich leicht erreichen durch Einlegen einer Asphaltschicht (*A*, Fig. 52 und 53) oder einer Schicht

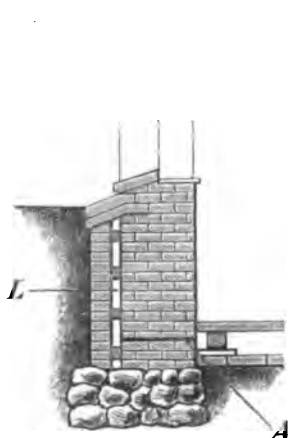


Fig. 52. Hausfundament.
A Asphaltschicht. *L* Luftraum zwischen Hauptmauer und Vormauer.

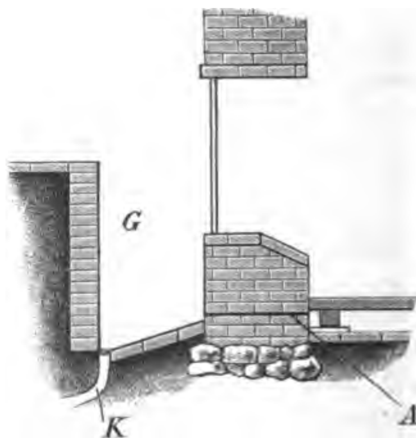


Fig. 53. Hausfundament.
A Asphaltschicht. *G* Umlaufender Graben. *K* Wasserablauf.

von glasierten Klinkern auf die sogenannte Abgleichungsschicht der Fundamente. Um aber auch das seitliche Eindringen von Feuchtigkeit zu hindern, werden entweder die Seiten der Fundamentmauer stark mit Asphaltteer, besser mit geschmolzenem Ceresin oder Paraffin, imprägniert, oder es wird eine 12 cm starke Vormauer aus Ziegelsteinen mit Zementmörtel in einer Entfernung von 6—7 cm vom Kellermauerwerk aufgeführt, mit sogenannten Einbindern versehen und oben abgedeckt (Fig. 52). In einigen Städten besteht die nachahmenswerte Vorschrift, daß ein offener Graben von 1—2 Fuß Weite die Fundamente des ganzen Wohnhauses umgibt; derselbe führt dann gleichzeitig dem

Kellerraum in reichlicherem Maße Luft und Licht zu (Fig. 53) und macht diesen für Wohnungen benutzbar. Die ganze Kellersohle ist außerdem wasser- und luftdicht mit Asphalt und mit einer Isolierschicht herzustellen.

Der geschilderte dichte Abschluß schützt das Haus auch gegen etwaiges Aufsteigen von Bodenluft. Wenn letztere auch nicht, wie man früher annahm, infektiöse Keime ins Haus zu führen vermag, so kann doch leicht eine übelriechende, stark mit Kohlensäure oder gar mit giftigem Leuchtgas beladene Luft vom Boden her in das Haus eindringen, und da eine Durchlässigkeit des Materials hier keinesfalls irgendwelchen Nutzen hat, so ist das Prinzip der vollkommenen Dichtung soviel als möglich durchzuführen.

2) Die Seitenwände des Hauses. Bezüglich des Materials und der Konstruktion der Seitenwände kommt in Betracht a) die Durchlässigkeit des Materials für Luft; b) seine Aufsaugungsfähigkeit für Wasser; c) die Wärmeleitung und Wärmekapazität des Materials; ferner d) die Dicke der Mauern und e) ihre Wasseraufnahme beim Bau.

a) Früher hielt man eine größere Durchlässigkeit des Materials für hygienisch vorteilhaft, in der Annahme, daß ein wesentlicher Teil der Luftzufuhr zum Wohnraum durch die Poren der Mauern erfolge, und daß dieser Luftwechsel gerade dadurch, daß er sich unmerklich vollzieht und daß die Luft dabei auf die Wandtemperatur erwärmt wird, besonders wertvoll sei.

Die Existenz einer solchen Porenventilation wurde durch zwei Experimente bewiesen; erstens wurde gezeigt, daß der Luftwechsel in einem Zimmer, dessen Fugen, Ritzen und sonstige Undichtigkeiten sorgfältig verklebt werden, immer noch sehr beträchtlich ist, obwohl er sich nunmehr nur durch die Poren der Begrenzungen des Zimmers vollziehen kann. — Derselbe Versuch ist indes später vielfach mit anderem Erfolg wiederholt worden. Sorgt man für dauernd dichten Verschluß aller Ritzen und Fugen und dichtet außerdem noch Fußboden und Decke des Zimmers, so sinkt der Luftwechsel in dem betreffenden Raum unter gewöhnlichen Verhältnissen auf Null herab. Nur bei sehr heftigen Winden ist eine geringfügige Ventilation bemerkbar.

Das zweite Experiment bestand darin, daß eine Glasröhre auf die beiden gegenüberliegenden Seiten eines Backsteines aufgekittet und dann die übrige Fläche des Backsteines mit Paraffin oder Teer gedichtet wird. Es gelingt dann durch Einblasen von Luft in das Glasrohr durch den Backstein hindurch z. B. ein Licht auszublasen. — Nun beträgt aber der Exspirationsdruck beim Blasen leicht 10—20 cm Quecksilber = 1300—2600 kg pro 1 qm Fläche. Mäßiger Wind liefert dagegen nur einen Druck von 1—5 kg, starker Wind einen Druck von 20 kg, Sturm einen solchen von 100 kg pro 1 qm, so daß also aus diesem an einem sehr kleinen Querschnitt angestellten Experiment noch keine Folgerungen für den unter dem Winddruck oder durch Temperaturdifferenzen bewirkten Luftdurchgang durch den Stein zu ziehen sind.

Später ist dann die Durchlässigkeit der Steine für Luft genauer quantitativ geprüft. Dabei stellte es sich heraus, daß je nach dem Material bei einem Druck von 1 mm Wasser oder von 1 kg pro Quadratmeter nur 5—50 Liter Luft pro Stunde und pro Quadratmeter Wandfläche passieren; dies macht für ein Zimmer mit 14 qm Außenwand und für mittleren Wind von 3 kg Druck 0·2—2·0 cbm stündlicher Luftzufuhr, während der Luftbedarf für ein solches Zimmer mindestens 60 cbm pro Stunde beträgt. Außerdem fand sich, daß die Bekleidung der inneren Wandfläche noch in wechselndem, meist aber sehr erheblichem Grade die Durchlässigkeit herabsetzt; und zwar schon ein Anstrich mit Kalk- oder Leimfarbe, noch mehr ein Tapetenüberzug und wiederum mehr ein Ölfarbenanstrich. Ferner wird die Durchlässigkeit wesentlich geändert durch Befeuchtung des Steins; je nach der Feinheit der Poren tritt hier eine Abnahme von 15—90 Prozent ein.

Die Luftzufuhr durch das Baumaterial stellt sich daher für die gewöhnlich vorliegenden Verhältnisse, mäßigen Wind, der nicht gerade senkrecht auf die Mauern auftrifft, und geringe Temperaturdifferenzen als völlig illusorisch heraus. Nur in einem Fall vermag dieselbe eine nennenswerte Luftmenge zu fördern, nämlich bei direkt auftreffenden heftigen Winden. Dann aber vermitteln schon die zufälligen Undichtigkeiten der Fenster und Türen einen mehr als erwünschten Luftwechsel, so daß wir der Porenventilation und einer Durchlässigkeit des Baumaterials für Luft völlig entraten können.

Übrigens ergibt sich folgende Reihenfolge für die Permeabilität der Baumaterialien für Luft: am durchlässigsten ist Kalk-Tuffstein; dann folgt Fichtenholz (Querschnitt); dann Luftmörtel, schwach gebrannter Ziegel, stark gebrannter Ziegel, unglasierter Klinker, Portlandzement, grüner Sandstein, Eichenholz (Querschnitt), Gips (gegossen), glasierter Klinker.

b) Auch bezüglich der Aufsaugungsfähigkeit für Wasser hatte man früher unrichtige Vorstellungen. Man glaubte, daß die Mauern durchaus porös und imstande sein müßten, etwaiges an den inneren Wandungen der Wohnräume kondensiertes Wasser aufzusaugen und allmählich wieder zu verdunsten; dadurch sollen die Wände trocken gehalten werden, während dieselben bei wasserdichtem Material leicht feucht werden (triefen).

Eine derartige Kondensation von Wasserdampf soll indes in normalen Wohnräumen nicht vorkommen. Ist durch stärkere Ansammlung von Menschen oder durch Kochen, Waschen usw. sehr viel Wasserdampf produziert, so ist derselbe zunächst durch Lüftung zu entfernen; reicht diese nicht aus, so findet eine Regulierung durch Kondensation an den Fensterflächen statt. Erst wenn auch dann noch ein weiterer Überschuß von Wasserdampf vorhanden ist, erfolgt Kondensation an der kältesten Wandfläche; am erheblichsten und be-

sonders leicht, wenn etwa eine freistehende, dünne und gut wärmeleitende, z. B. nach Norden gerichtete und stark abstrahlende Wand vorliegt. Metalle, nicht poröse Schlackensteine usw. bilden wegen ihrer guten Wärmeleitung ein besonders zur Kondensation disponierendes Material.

Das Feuchtwerden der Wände durch Kondensation des im Wohnraum entwickelten Wasserdampfs ist aber eine bei geeigneter Vorsicht vermeidbare Erscheinung, auf welche bei der Auswahl des Baumaterials höchstens insofern Rücksicht genommen zu werden braucht, als man gut wärmeleitendes Material ausschließen muß.

Außerdem ist aber auch die andere Seite der Mauer zu berücksichtigen. Hier ist gerade das aufsaugungsfähige Material leicht von Nachteil, weil auftreffende Niederschläge die Wand wiederholt bis in eine gewisse Tiefe durchfeuchten. Das eingedrungene Wasser verdunstet allmählich wieder; dabei findet ein bedeutender Wärmeverbrauch statt und die unter die Norm abgekühlte Wand vermag dann wieder zu Kondensation Anlaß zu geben.

Demnach haben wir keinerlei Grund, ein für Wasser durchgängiges Baumaterial zu bevorzugen, vielmehr ist eine wasserdichte Oberfläche an der inneren Seite nicht von Nachteil, an der Außenseite von entschiedenem Vorteil.

c) Die Baumaterialien sollen schlechte Wärmeleiter sein und geringe Wärmekapazität besitzen, weil alsdann die Regulierung der Temperatur des Hauses wesentlich erleichtert wird. Das schlecht leitende Material hindert im Winter eine zu rasche Entwärmung, im Sommer eine zu schnelle Erwärmung des Hauses. Dichtes Material, Metall, massive Steine leiten die Wärme am besten, Holz am schlechtesten. Unter den Steinen sind die porösen, lufthaltigen (Tuffsteine) die schlechtesten Wärmeleiter. — Absichtlich eingelagerte besondere Luftschichten setzen die Wärmeleitung einer Mauer nach neueren Untersuchungen wenig herab, dagegen bildet sich Schwitzwasser in den Hohlräumen. Letztere sind daher besser mit Kieselgur, Korkabfällen oder Sand zu füllen.

Bezüglich der Wärmekapazität bieten wiederum die lufthaltigen leichten Baumaterialen insofern einen gewissen Vorteil, als es dann geringerer Wärmemengen bedarf, um die Temperatur der Wände um ein bestimmtes Maß zu ändern. Sollen z. B. 80 cbm Mauerwerk (ein kleines Familienhaus) von 0° auf 15° erwärmt werden, so braucht man bei Sandsteinmauern 353000 Wärmeeinheiten, und zu deren Entwickelung 53 kg Kohle; bei Ziegelmauerwerk 219000 Wärmeeinheiten = 33 kg Kohle, bei Hohlziegeln nur 122000 Wärmeeinheiten = 18 kg Kohlen.

Nebenbei gewährt lufthaltiges Baumaterial, insbesondere extraporöse Ziegel, noch finanzielle Vorteile, indem die Mauern dabei leichter werden und dem ganzen Bau und namentlich den Fundamenten eine geringere Wandstärke und Festigkeit gegeben werden darf.

Lufthaltige Mauern sind daher aus den letztangeführten Gründen entschieden zu bevorzugen, nur ist es nicht notwendig, daß sie gleichzeitig für Luft und Wasser durchgängig sind. Vielmehr werden sie, nachdem sie trocken geworden sind, am besten innen und außen mit einer undurchlässigen Deckung versehen. Nach außen bietet ein Belag mit Schindeln, Schiefer, Dachziegeln, oder Verputz mit Gips und Wasserglas bzw. ein Anstrich mit Ölfarbe, oder eine Verblendschicht aus undurchlässigem Material Schutz gegen die Durchfeuchtung der Wände; an der Innenseite gewährt Ölfarbenanstrich die Möglichkeit einer leichteren Reinigung und Desinfektion der Wände.

d) Dicke der Mauern. Die Mauern werden entweder massiv oder aus Fachwerk, d. h. mit Einlage von Balken (oder in Eisenkonstruktion), hergestellt. Die Baugesetze schreiben vor, daß massive Mauern von 3—4stöckigen Häusern im Parterre $2^1/_2$ Stein = 62 cm stark sein sollen, im ersten und zweiten Stock 50 cm, im dritten und vierten Stock 38 cm. — Bei Fachwerkhäusern sind die Mauern erheblich dünner; sie müssen bis zum ersten Stockwerk eine Dicke von 25 cm, im zweiten eine solche von nur $12^1/_2$ cm haben. Diese verschiedene Dicke der Mauern ist für die Temperaturregulierung des Hauses von großer Bedeutung. — Bei sehr dicken Mauern ist innen eine besondere Schicht aus extraporösen Ziegeln erwünscht, auf welche nach außen zunächst ein mit porösem Füllmaterial gefüllter Hohlraum folgt. Diese Schicht trocknet dann leichter und heizt sich schneller an. — Bei Fachwerkbauten, ferner zur Herstellung der Innenwände können Gipsdielen (Gips mit Rohreinlage), Rabitzputz (Geflecht von verzinktem Eisendraht mit Gipsfüllung), oder feuersichere Moniertafeln (mit Eisenstäben versteiftes Geflecht von Eisendraht, das mit Zementmörtel beworfen ist) und ähnliche künstliche Präparate verwendet werden.

3) Die Zwischenböden. Auch die richtige Konstruktion der Zwischenböden ist beachtenswert. Zwischen dem Fußboden der oberen und der Decke der unteren Etagen bleiben Räume frei, welche durch die zwischenlaufenden Balken abgeteilt werden. Diese Hohlräume werden mit porösem unverbrennlichem Material gefüllt, um der Schall- und Wärmeleitung entgegenzuwirken, ferner um Nässe aufzusaugen und dadurch das Balkenwerk gegen Vermoderung zu schützen. Als Füllmaterial benutzt man Sand, häufiger jedoch Bauschutt, Kohlen-

staub, Schlacke, Asche; oft wird sehr unsauberes Material verwendet. Analysen haben gezeigt, daß kein Boden, selbst in der nächsten Nähe von Abortsgruben so hochgradige Verunreinigungen erkennen läßt, wie die Füllungen mancher Zwischenböden. Außerdem wird auch das reinste Material gewöhnlich mit der Zeit stark verunreinigt. Durch die Ritzen und Fugen des Fußbodens dringt Scheuerwasser, Waschwasser usw.; mit diesen Sputa, eingeschleppte Erde u. dgl. ein. Die dabei in das Füllmaterial geratenen Mikroorganismen werden dort offenbar gut konserviert, ähnlich wie in natürlichem Boden. Aus den Zwischenböden gelangen sie dann leicht wieder in das Zimmer, da bei jeder stärkeren Erschütterung Wolken trockenen Staubes aus den gewöhnlich vorhandenen groben Fugen des Fußbodens hervorzudringen pflegen. Es darf demnach nicht befremden, daß wiederholtes Auftreten von ansteckenden Krankheiten in denselben Wohnräumen zu verschiedenen Malen mit Wahrscheinlichkeit auf Infektion vermittelst der

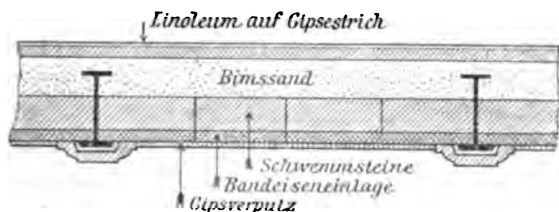


Fig. 54.
Konstruktion von Zwischendecken (nach Nussbaum).

Zwischenböden zurückgeführt werden konnte; und wir haben jedenfalls allen Grund, die Zwischenböden so zu konstruieren, daß es zu keiner Verunreinigung mit saprophytischen und pathogenen Bakterien kommen kann.

Zunächst ist von vornherein nur unverdächtiges Füllmaterial auszuwählen, z. B. reiner Sand. Auch läßt sich mit Vorteil leichteres Material, wie Kieselgur, Schlackenwolle verwenden. Diese Materialien haben so geringes Gewicht, daß man mit denselben den Zwischenboden in höherer Schicht füllen und dadurch die Schalleitung weit besser hindern kann, während bei Verwendung von Sand usw. ein größerer Teil des Zwischenbodens frei gelassen werden muß, weil sonst die Belastung zu stark werden würde. Außerdem ist unter den Dielen des Fußbodens jedenfalls eine undurchlässige Schicht anzubringen, um spätere Verunreinigung zu vermeiden; z. B. sind die Dielen in heißen Asphalt einzulegen, oder es ist Superatorpappe einzuschalten u. dgl. — Statt des Holzwerks, das gegen Parasiten besonders geschützt werden muß und Feuersgefahr bietet, wird neuerdings meist Eisenkonstruktion

verwendet. Ein Beispiel solchen Arrangements (nach Nussbaum) gibt Fig. 54. — Der Fußboden selbst ist möglichst dicht zu fugen. Vorhandene Ritzen sind mit Holzleisten und Kitt auszufüllen; die Dielen sollen mehrfach mit heißem Leinöl getränkt oder mit Ölfarbenanstrich oder Wachsüberzug versehen und dadurch ein völlig undurchlässiger und leicht zu reinigender Fußboden hergestellt werden. — Über staubbindende Fußbodenöle s. S. 426.

4) Dach; Treppen; Fenster. Das Dach soll undurchlässig für Wasser, nicht zu schwer sein und im Sommer die Insolationswärme, im Winter die Kälte nicht leicht durchdringen lassen. Metall- und Schieferdächer sind womöglich mit Isolierschichten zu unterlegen. In jedem Falle müssen zwischen Dach und Decke des obersten Stockwerkes reichliche Öffnungen vorhanden sein, durch welche während des Sommers ein starker Luftstrom streichen und die Fortleitung der Insolationswärme hindern kann. — Die Treppen sind so viel als möglich feuersicher in Stein, Eisen oder mit Überzug von Zementmörtel herzustellen; ferner sollen sie bequem und sicher zu begehen sein, d. h. breit, nicht zu steil und nach höchstens 15 Stufen von einem Absatz unterbrochen. — Die Fenster sind teilweise mit Scheiben zu versehen, die für eine Lüftung des Zimmers verwendet werden können (s. unten). — Über Einzelheiten, die beim Bau und der Ausstattung des Wohnhauses in Betracht kommen, siehe das unten zitierte Werk von Nussbaum.

Literatur: Deutsches Bauhandbuch, Handbuch der Architektur. — Nussbaum, Das Wohnhaus, in Weyls Handb. der Hygiene 1896. — Ders., Leitfaden der Hygiene, 1902. — v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, 5. Aufl.

III. Austrocknungsfrist; feuchte Wohnungen.

Feuchte Wohnungen wirken nachteilig auf die Gesundheit hauptsächlich dadurch, daß sie Störungen der Wasserdampfabgabe und der Wärmeregulierung des Körpers veranlassen. Die feuchten Wände sind infolge der fortgesetzten Verdunstung und der besseren Wärmeleitung des feuchten Materials abnorm niedrig temperiert; Kleider, Betten usw. werden ebenfalls feucht und zu guten Wärmeleitern. So kommt es vielfach zu unmerklicher stärkerer Wärmeentziehung vom Körper. Daneben führt die abnorm hohe Luftfeuchtigkeit bei etwas höheren Wärmegraden zu einer Unterdrückung der Wasserdampfabgabe von der Haut und dadurch zu Empfindungen des Unbehagens und der Beklemmung (s. S. 36). — Außerdem begünstigt die Feuchtigkeit die Konservierung von Krankheitserregern

und die Entwickelung von saprophytischen Bakterien und saprophytischen Schimmelpilzen (Penicillium); namentlich die letzteren etablieren sich an den Wänden, auf Stiefeln und verschiedenen Gebrauchsgegenständen, ferner auf Nahrungsmitteln, namentlich Brot. Durch diese Pilzwucherungen entsteht eine modrige, dumpfige Beschaffenheit der Luft, welche die Atmung beeinträchtigt. Ein Wachstum von Krankheitserregern oder von infektiösen Schimmelpilzen findet auf feuchten Wänden usw. nicht statt, schon weil die Temperatur immer zu niedrig ist. — Das Holz feuchter Wohnungen ist durch die Wucherung verschiedener Basidiomyceten gefährdet, unter denen der Merulius lacrymans (der sog. „echte Hausschwamm") und der Polyporus vaporarius (der Pilz der sog. Trockenfäule) die Hauptrolle zu spielen scheinen. Die genauere Differenzierung der holzzerstörenden Pilze ist erst neuerdings namentlich von Falck in Angriff genommen. — Über das mikroskopische Bild des Merulius lacr. s. in Kap. IX. Er wuchert ausschließlich im Dunkeln und im feuchten Substrat, an einzelnen Stellen der Oberfläche entwickeln sich allmählich Fruchtkörper als große weiße Polster, auf denen erst später an der äußeren Seite die braunen Sporenlager sich bilden. Licht und bewegte, austrocknend wirkende Luft, die durch Luftkanäle dem Balkenwerk zugeführt wird, hindern die Wucherung des Pilzes. — Vom Hausschwamm scheinen direkte Gesundheitsschädigungen nicht auszugehen. Weder das Mycel noch die Sporen vermögen Infektionen beim Warmblüter auszulösen, und zwar weil bei Körpertemperatur jede Weiterentwickelung des Pilzes aufhört. Dagegen beeinträchtigt der modrige Geruch der älteren Vegetationen des Pilzes die Atmung; und vor allem ist Hausschwammwucherung ein Anzeichen dafür, daß die Wohnung abnorm feucht ist und deshalb gesundheitsnachteilig sein kann.

Abnorme Feuchtigkeit der Wohnungen entsteht 1. durch das beim Bau eingeführte und nicht vollständig wieder verdunstete Wasser. Während des Baues werden große Wassermengen in die Hausmauern eingeführt, weil das Mauern meistens im nassen Zustande des Materials geschieht. Gewöhnlich wird der ganze Ziegel in Wasser getaucht; behauene Steine werden stark mit Wasser besprengt. Im Durchschnitt werden dabei 10—20 Prozent des Volums der Steine mit Wasser gefüllt. Da die Wände eines mittleren Wohnhauses etwa 500 cbm Mauerwerk ausmachen, so enthalten diese also 50—100 cbm mechanisch beigemengtes Wasser. — Die Befeuchtung ist nötig, um ein Haften der Bindemasse zu ermöglichen. Als letztere dient gewöhnlich Mörtel, der aus einem Teil gelöschten Kalk und 2—3 Teilen Sand bereitet wird. Der frische Mörtel enthält im Mittel auf 1 cbm

150 Liter Wasser, außerdem noch Hydratwasser und zwar pro cbm etwa 100 Liter. Für je 100 cbm Mauerwerk gebraucht man teils zum Füllen der Fugen, teils zum Verputz, etwa 12 cbm Mörtel, für ein Haus von 500 cbm Mauer mithin 60 cbm Mörtel. In dieser Mörtelmasse sind dann 10 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm Hydratwasser enthalten; und in Summa finden sich also in einem Neubau von der bezeichneten Größe 90—110 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm chemisch gebundenes (Hydrat-)Wasser.

Diese ganze kolossale Wassermasse muß wieder fortgeschafft werden, ehe das Haus bewohnbar ist. Es geschieht dies bei warmem, trockenem Wetter genügend rasch unter dem Einfluß der freien Luft; oft muß eine künstliche Beschleunigung stattfinden durch Heizen oder Einhängen von Kokskörben bei offenen Fenstern (event. auch künstliches Eintreiben erwärmter Luft). — Sehr wichtig ist, daß das Verputzen nicht eher erfolgt, als bis das Rohmauerwerk vollständig ausgetrocknet ist.

Bezüglich der Mittel zum Austrocknen der Neubauten begegnet man häufig einer irrigen, in früherer Zeit von Liebig aufgestellten Ansicht. Nach Liebig soll die Feuchtigkeit neugebauter Häuser vorzugsweise dadurch bedingt sein, daß der Ätzkalk des Mörtels allmählich eine Umwandlung in Kalziumkarbonat erleidet, und daß dabei das Hydratwasser frei wird. Das sogenannte „Trockenwohnen" sollte wesentlich darauf beruhen, daß die Bewohner viel Kohlensäure liefern und so die Umwandlung des Ätzkalks in Kalziumkarbonat beschleunigen. Demnach würde das beste Mittel zur Austrocknung von Neubauten darin bestehen, daß Kohlensäure-Apparate und offene Kohlenbecken in den Räumen aufgestellt werden. — Aus den oben gegebenen Zahlen ist indes ohne weiteres ersichtlich, daß die weitaus größte Masse des in einem Neubau steckenden Wassers mechanisch beigemengt ist; das Hydratwasser macht nur etwa 5—10 Prozent der ganzen Wassermasse aus und tritt an Bedeutung hinter jenem weit zurück. Dementsprechend sind Neubauten nicht vorzugsweise durch Kohlensäure zu trocknen, sondern in erster Linie durch Verdunstung der großen Wassermassen. Daß austrocknende Luft in der Tat das wirksamste Mittel zur Beseitigung der Mauerfeuchtigkeit ist, läßt sich schon aus der Erfahrung entnehmen, in daß Ländern, wo die Luft starkes Sättigungsdefizit zeigt (Westküste von Nordamerika, Ägypten), die neugebauten Häuser sofort beziehbar sind, obwohl denselben hier durchaus nicht mehr Kohlensäure zugeführt wird.

Der schädlichen Wirkung feuchter Neubauten hat man durch Festsetzung einer Austrocknungsfrist in den Bauordnungen vorzubeugen gesucht. Nach den obigen Ausführungen ist es sehr schwierig, eine solche je nach dem Klima und nach der Jahreszeit richtig zu bemessen. In Norddeutschland schwankt sie zwischen 6—12 Wochen. Wünschenswert ist es, in allen Zweifelsfällen die Beziehbarkeit eines Neubaues von einer Feststellung der Mauerfeuchtigkeit nach

der umstehend angegebenen Methode der Wasserbestimmung in Mörtelproben abhängig zu machen. Der Wassergehalt des Putz- und Fugenmörtels darf nicht über 2 Prozent betragen. Die Proben sollen aus einem im untersten Wohngeschoß nach der Schatten- und Wetterseite gelegenen Raum entnommen sein. Werden diese Wände benügend trocken gefunden, so darf auf das gleiche Verhalten des ganzen Hauses geschlossen werden.

2. Eine fernere im Bau belegene Ursache abnormer Feuchtigkeit von Wohnungen kann der mangelhafte Abschluß der Fundamentmauern gegen die Bodenfeuchtigkeit und das Grundwasser sein. Nachträglich ist dieser Fehler nur schwer vollständig wieder gut zu machen.

3. Hauswände, die nach der Wetterseite liegen und von Schlagregen getroffen werden, und die außerdem nachts frei gegen den Horizont ausstrahlen und daher abnorme Abkühlung erfahren, sind oft andauernd feucht, namentlich wenn sie an ihrer äußeren Fläche aus porösem, aufsaugungsfähigem Material hergestellt sind. — Hier kann durch Anbringung der oben beschriebenen undurchlässigen und zugleich die Abkühlung hemmenden Bedeckungen oder durch Isolierschichten Abhilfe gewährt werden.

4. Kellerwohnungen, die zu tief unter die Bodenoberfläche herabreichen und in denen intensive innere Wärmequellen (Kaloriferen oder Dampfkessel von Zentralheizungen) fehlen, zeigen regelmäßig feuchte Wände, weil diese so niedrige Temperatur haben, daß aus wärmerer Außenluft, ebenso aber aus der mit Wasserdampf erfüllten Luft des Wohnraums sich Kondenswasser auf ihnen niederschlägt. — Vielfach hat man aus diesem Grunde, ferner wegen der geringen Licht- und Luftzufuhr zu Kellerräumen, diese als überhaupt ungeeignet zum Wohnen bezeichnet. Indessen sind doch Konstruktionen ausführbar, durch welche die Nachteile vollkommen beseitigt werden. Sind die Fundamentmauern gut gedichtet, ist eventuell das Haus von einem Lichtgraben umzogen (S. 300), sind die Fenster hoch und der Fußboden nicht zu tief unter die Bodenoberfläche gelegt, so entstehen Wohnungen, welche keine wesentlichen hygienischen Nachteile darbieten, dagegen gegenüber den hochgelegenen Stockwerken den großen Vorzug niederer Hochsommertemperaturen haben. Nachweislich ist insbesondere die Sterblichkeit der Säuglinge an Cholera infantum in den Kellerwohnungen eine auffällig geringe, auch wenn die Bewohner großenteils dem Proletariat angehören.

Kellerräume, welche nicht in der oben beschriebenen Weise hergerichtet sind, dürfen allerdings nicht als Wohnräume zugelassen werden. In den meisten Städten bestehen bereits Verordnungen, welche Keller-

wohnungen, deren Fenster nach Norden oder nach bebauten Höfen gehen, verbieten; ferner ist zu verlangen, daß der Fußboden der Wohnräume nicht mehr als 0·5 m unter der Bodenoberfläche liegt. Weitere Bestimmungen über die minimale lichte Höhe, die Größe der Fenster, die zulässige Tiefe der Räume und die Isolierung der Kellersohle und der Mauern sind behufs sicheren Ausschlusses aller hygienischen Gefahren wünschenswert.

5) Auch unabhängig von der Bauart des Hauses kann abnorme Feuchtigkeit der Wohnung auftreten, selbst in älteren Häusern und in früher trocken gewesenen Wohnungen. Abgesehen von Durchfeuchtungen einzelner Wandteile durch Defekte an Wasser- und Abwasserleitungen tritt zuweilen ein Feuchtwerden der Innenwände durch Kondensation des Wasserdampfs der Luft ein. Vorübergehend kann dies in jeder Wohnung erfolgen, wenn nach längerer kühler Witterung warme feuchte Außenluft reichlich mit den kälteren Innenwänden in Berührung tritt. Besonders leicht tritt eine solche Kondensation ein, wenn Wände einer Wohnung abnorm niedrig temperiert sind, wie im Kellergeschoß oder im Winter bei ungenügender Heizung.

Zu dauernder und intensiver Bildung von Schwitzwasser an den inneren Wandflächen kommt es durch reichliche Wasserdampfproduktion im Wohnraum. Ist letzterer übervölkert, so genügt schon die Wasserdampfausscheidung der Menschen zur Bildung von Schwitzwasser; meistens tritt noch Wasserdampfentwickelung durch Kochen, Waschen usw. hinzu. In solcher Weise ist schließlich in jeder Wohnung Wandfeuchtigkeit zu erzielen; die Ursache derselben liegt dann nur nicht an der Wohnung, sondern in der mißbräuchlichen Benutzung derselben durch die Bewohner. Oft haben frühere oder spätere Bewohner der gleichen Wohnung nicht über Feuchtigkeit zu klagen gehabt, weil sie nicht so viel Wasserdampf produzierten und bei gelegentlicher stärkerer Produktion, namentlich dann, wenn starke Kondensation an den Fensterscheiben die nahende Sättigung anzeigte, durch Lüftung oder Einschränkung der Produktion die Wände vor Durchfeuchtung schützten. — In der Praxis wird man bei der Beurteilung einer feuchten Wohnung sehr mit dieser Quelle der Wandfeuchtigkeit rechnen müssen. Eine Entscheidung darüber, ob bauliche Einflüsse oder die Art der Benutzung beteiligt sind, erfolgt am besten dadurch, daß man gleichgerichtete Wohnungen in anderen Geschossen desselben Hauses zum Vergleich heranzieht.

Eine zuverlässige Bestimmung des Feuchtigkeitszustandes einer Wohnung und eines Hauses erfolgt durch die Ermittelung des Wassergehalts von Mörtelproben, sowohl Putz- wie Fugenmörtel, die aus den fraglichen

Mauern entnommen sind; und zwar entnimmt man mittels stählerner Stanze oder eines Hohlmeißels etwa 4 Proben von je 10—20 g Putz- und Fugenmörtel. Die Bestimmung des Wassergehalts erfolgt durch Trocknen im Vakuum oder in einem auf 100° erwärmten CO_2 und H_2O befreiten Luftstrom. Die Bestimmung ist in wenigen Stunden auszuführen. Mörtel aus trockenen Mauern enthält 0·5—1·0 Prozent Wasser; bei bewohnbaren Neubauten höchsten 2 Prozent Wasser. — Bei stärkeren Graden von Feuchtigkeit geben schon feuchte Flecke und Schimmelpilzbildung an den Wänden, Schimmelwucherung auf frischem Brot, auf Stiefeln, der modrige Geruch, Schwammbildung usw. gewisse, aber oft trügerische Anhaltspunkte.

Literatur: Lehmann und Nussbaum, Feuchtigkeit von Neubauten, Arch. f. Hygiene. 1889. — Emmerich, ibid. 1892. — S. auch die S. 306 zit. Handbücher.

IV. Temperatur-Regulierung der Wohnräume.

Während im Freien die Entwärmung unseres Körpers verhältnismäßig leicht vonstatten geht, weil namentlich an die bewegte Luft durch Leitung und Wasserverdampfung viel Wärme abgegeben werden kann, fungieren diese beiden Wege in Wohnräumen fast gar nicht, und es kommt viel leichter zur Wärmestauung.

Findet ferner im Freien eine stärkere Wärmeentziehung statt, so können wir meist durch vermehrte Muskelarbeit, rascheres Gehen usw. einer fühlbaren Entwärmung des Körpers vorbeugen. Im Zimmer sollen wir uns dagegen bei andauernd ruhigem Aufenthalt behaglich fühlen, und dementsprechend sind wir gegen ein Absinken der Temperatur außerordentlich viel empfindlicher. Die Schwankungen der Temperatur der Luft und der Wände innerhalb des Wohnraums dürfen sich daher nur in sehr engen Grenzen bewegen; bei Winterkleidung zwischen 17 und 19°, bei Sommerkleidung zwischen 19 und 23°. Um diese Temperatur das ganze Jahr hindurch herzustellen, bedarf es einer Reihe von künstlichen Vorrichtungen, die im folgenden näher zu besprechen sind.

A. Temperatur-Regulierung im Sommer.

Bezüglich der Temperaturverhältnisse des Wohnraumes im Sommer ist zunächst zu beachten, daß die Lufttemperatur des Zimmers vollständig abhängig ist von der Wandtemperatur. Die Wände stellen ungeheuere Wärmereservoire dar, welche imstande sind, das Vielfache der Zimmerluft auf den gleichen Temperaturgrad zu erwärmen, ohne daß sie selbst eine wesentliche Änderung der Temperatur erfahren.

Nun werden aber die Wände und das Dach des Hauses direkt durch die Sonnenstrahlen beeinflußt, und infolgedessen erhalten wir innerhalb der Wohnung häufig Temperaturen, welche weit über die Luftwärme im Freien hinausgehen.

Die Insolationswärme einer Mauer hängt ab 1. von ihrer Dicke; je geringer dieselbe, um so höher wird die Innentemperatur und die Lufttemperatur des Wohnraumes. Bei sehr dicken Wandungen kann der allmähliche Ausgleich der Temperatur ein so vollständiger werden, daß, ähnlich wie in tieferem Boden, die Tages- und selbst die Monatsschwankungen der Temperatur an der Innenfläche nicht bemerkbar werden. 2. Von der Absorption der Sonnenstrahlen an der äußeren Oberfläche. Dieselbe ist vorzugsweise abhängig von der Farbe. Da diese aber wenig Differenzen bietet und namentlich die dunkleren Farben beim Anstrich der Häuser fast stets vermieden werden. ist dieses Moment verhältnismäßig wenig einflußreich. 3. Von der Dauer der Bestrahlung. Dafür ist z. B. von Bedeutung die Tageslänge, die nach Klima und Jahreszeit variiert; dann der Grad der Bewölkung; ferner die Himmelsrichtung der bestrahlten Wand. Nordwände erhalten im Sommer nur Morgens und Abends für kurze Zeit Sonnenstrahlen, Südwände 12 Stunden, von 6 Uhr früh bis 6 Uhr abends, Ostwände von 6 Uhr früh bis mittags, Westwände von mittag bis 6 Uhr abends. 4. Von dem Winkel, in welchem die Sonnenstrahlen auffallen. Die Südwand erwärmt sich z. B. nicht so stark, wie die Ost- und Westwand, weil diese von mehr rechtwinklig auffallenden Sonnenstrahlen getroffen werden. Ferner ist in den Tropen die Insolationswärme der Mauern nicht so bedeutend, wie in unserem Klima, weil die Sonne dort höher steht und die Strahlen mehr im spitzen Winkel die Wandungen treffen. Allerdings wird das Dach unter den Tropen um so intensiver bestrahlt.

An der Außenfläche der bestrahlten Mauern erreicht die Temperatur häufig 40—50°. Diese Wärme wird sehr allmählich durch die Wand fortgeleitet und dabei tritt ein steter Verlust von Wärme ein. Die für die Wohnräume maßgebende Temperatur der Innenwände ist daher erheblich abgeschwächt und tritt mit starker zeitlicher Verschiebung auf. Das schließlich resultierende Verhalten der Wandtemperaturen läßt sich sowohl durch Rechnung auf Grund bestimmter Formeln ableiten, als auch durch in die Wand eingelassene und mit aufwärts gebogener Skala versehene Thermometer beobachten.

Die Beobachtungen haben für den Sommer unseres Klimas ergeben, daß die unbestrahlte Nordwand ungefähr die mittlere Temperatur der äußeren Luft zeigt, daß dagegen schon die Südwand wesentlich höher erwärmt wird; noch wärmer ist die Ost-, am wärmsten die Westwand. — Der Grad der Temperaturerhöhung und die Zeit des Auftretens des Maximums an der Innenfläche läßt sich aus folgendem Zahlenbeispiel entnehmen:

	Bei einer Wanddicke von 15 cm		Bei einer Wanddicke von 50 cm	
	Temperaturgrad	Zeit	Temperaturgrad	Zeit
Nordwand	20°	—	20°	—
Südwand	23°	6^h nachm.	21°	1^h früh
Ostwand	28·5°	3^h nachm.	23°	9^h abends
Westwand	30°	9^h abends	24°	3^h früh

Die Ost- und Westwände zeigen also auch bei bedeutender Wandstärke an den Innenflächen noch eine Erhöhung um 3 oder 4° über die Temperatur der unbestrahlten Wände, und die höchste Erwärmung der Innenräume durch die Ostwand findet von 7—11 Uhr abends, durch die Westwand von 1 Uhr bis 5 Uhr früh statt.

Diese Temperaturen erfahren ferner eine erhebliche Steigerung in höheren Etagen. Hier macht sich einerseits der Einfluß des bestrahlten Daches geltend, andererseits summieren sich die Wirkungen der inneren Wärmequellen des Hauses; namentlich liefern die Küchenkamine in die oberen Stockwerke eine bedeutende Wärmemenge. In den höchsten Etagen dicht bewohnter Häuser beobachtet man daher im Hochsommer nicht selten Nachttemperaturen von 28—32° und mehr.

Die intensiven Wärmegrade pflegen sich gewöhnlich erst in der zweiten Hälfte des Juni, bzw. im Juli einzustellen, weil der Wechsel der Witterung bis dahin nur selten einen gleichmäßigen Anstieg der Wandtemperaturen herbeiführt. Einzelne heiße Tage zeigen nur geringe und vorübergehende Effekte, erst bei länger dauernder Einwirkung einer kräftigen Insolation kommen jene hohen Temperaturen zustande.

Wohl zu beachten ist, daß zur Vermittelung der Insolationswärme freistehende fensterlose Wände weitaus am geeignetsten sind. Fenster bilden nur günstig wirkende Unterbrechungen der Wärmereservoire; und der Sonneneinfall durch die Fenster kann verhältnismäßig leicht durch außen angebrachte Jalousien und Vorhänge abgehalten werden.

Die Folgen dieser hohen Wohnungstemperaturen unseres Hochsommers bestehen in einer teilweisen Behinderung der Wärmeabgabe und deren Konsequenzen. Bei empfindlichen Erwachsenen, Rekonvaleszenten usw. tritt Erschlaffung, Appetitmangel, schließlich Anämie auf. Bei kleinen Kindern, die noch nicht selbständig durch Wahl der Bedeckung, durch Bewegung usw. ihre Wärmeregulierung zu unterstützen vermögen, kommt es vielleicht zu wirklich bedrohlicher Wärmestauung. — Ferner tritt in den mit mangelhaften Einrichtungen zur Aufbewahrung der Nahrungsmittel versehenen Wohnungen rasche Zersetzung der Speisen ein. In Fleisch, Milch usw. wuchern die verschiedensten Bakterien, und es häufen sich infolgedessen die infektiösen Darmerkrankungen. Vor allem werden Bakterienansiedelungen in der Milch durch die hohe Wohnungstemperatur so wesentlich unterstützt, daß die Zahl der Todesfälle an akuten Verdauungsstörungen der Säuglinge geradezu mit diesen Temperaturen zusammengeht und sich von ihnen vollständig abhängig zeigt. Auch für die Ausbreitung dieser Erkrankungen sind vereinzelte Wärmetage und Perioden des

Frühsommers belanglos, während erst längere Wärmeperioden, welche die Häuser stark durchhitzen, zahlreichste Opfer fordern.

Maßregeln zum Schutz gegen die hohe Sommertemperatur der Wohnungen. Zunächst kann ein gewisser Schutz durch die Bauart der Häuser gewährt werden. In südlichen und tropischen Ländern ist letztere in viel ausgesprochenerem Maße auf eine Fernhaltung der Insolationswärme zugeschnitten, als bei uns. Dort wird entweder das freistehende, einstöckige Haus mit seiner Längsrichtung von Osten nach Westen gestellt und das Dach bis nahe zum Erdboden über die Wände hinweggeführt. Oder in südlichen Städten findet man die Straßen so eng, daß die Häuserfronten der Insolation fast völlig entzogen sind; oder wo dies nicht der Fall ist, liegen die Wohnräume nach dem schattigen Hofe und sind von den bestrahlten Außenseiten durch zwischenlaufende Gänge und Galerien getrennt; die engen Straßen bzw. die Höfe werden oft zur Zeit der stärksten Sonnenglut mit Stoffen überspannt. Zuweilen sucht man auch Schutz durch extreme Dicke der Mauern; in Indien existieren derartige Wohngebäude, welche in ihrem Innern fast das ganze Jahr hindurch die mittlere Jahrestemperatur zeigen.

Mit Rücksicht auf unseren langdauernden Winter können wir keine von diesen Bauarten akzeptieren. Ein sehr zweckmäßiges Schutzmittel können wir aber verwenden: eine Bedeckung der Insolationsfläche in einem gewissen Abstand von der Mauer, so daß in dem Zwischenraum Luft zirkuliert. Die Bedeckung kann entweder in einer dünnen, oben und unten offenen Vormauer aus Kunststein, Holz oder Rohr bestehen; oder auch aus Matten; oder aus rankenden Gewächsen (wilder Hopfen; spanischer wilder Wein). — An einigen Orten hat man Vorrichtungen getroffen, um durch Berieseln der bestrahlten Wände mit Wasser der Insolation entgegenzuwirken; doch scheint sich dieses Mittel nicht bewährt zu haben.

Ferner sollte unter allen Umständen das Dach des Hauses isoliert werden, so daß zirkulierende Luftschichten zwischen ihm und der Decke des höchsten Stockwerkes eingeschaltet sind.

Ist es nicht tunlich, bauliche Veränderungen des Hauses vorzunehmen, so kann eine vorübergehende Kühlung versucht werden durch Zufuhr kalter Luft zu den überhitzten Wohnräumen. Dabei ist indes wohl zu bedenken, wie außerordentlich groß die Wärmekapazität der Wände ist, und wie gering dagegen die der Luft. Eine vorübergehende Luftzufuhr hat daher niemals einen genügenden Effekt; sobald die Luftzufuhr aufgehört hat, ist stets nach kurzer Zeit die frühere Temperatur des Zimmers wieder hergestellt. Eine Unterstützung der

Entwärmung unseres Körpers durch Lüftung können wir daher nur dadurch erzielen, daß wir fortdauernd während unseres Aufenthalts im Zimmer einen Luftstrom in dasselbe eintreten lassen, der ausgiebig genug ist, um eine gewisse Menge von Wärme von unserem Körper fortzuführen.

Bei öffentlichen Gebäuden ist zuweilen der Versuch gemacht, künstlich gekühlte Luft den Wohnräumen zuzuführen. Die Kühlung wird durch Eis oder Eismaschinen bewirkt, oder dadurch, daß die Luft längere Strecken in tief in die Erde gelegten Kanälen zurückgelegt hat; oder dadurch, daß in solchen Kanälen noch eine lebhafte Wasserverdunstung unterhalten ist. In neuerer Zeit wird auch die Expansionskälte zugeleiteter komprimierter Luft zur Kühlung von Wohnräumen verwertet. Alle diese Mittel wirken indes nur bei ausgiebiger Anwendung und sind bis jetzt noch zu kostspielig, um allgemeiner brauchbar zu sein.

In kleinem Maßstabe sucht man wohl einen Wohnraum dadurch zu kühlen, daß man reichliche Mengen Wasser auf den Fußboden bzw. an den Wänden verteilt und zum Verdunsten bringt. 1 Liter Wasser bindet bei seiner Verwandlung in Dampf 580 Wärmeeinheiten; soll ein irgend erheblicher Betrag von Wärme auf diesem Wege fortgeschafft werden, so sind daher selbst für kleine Räume mindestens 5—10 Liter Wasser in kurzer Zeit zu verdampfen. Dabei liegt aber eine entschiedene Gefahr für die Entwärmung des Körpers darin, daß die steigende Luftfeuchtigkeit die Wasserdampfabgabe vom Körper erschwert und damit einen der wichtigsten Wege der Wärmeabgabe verschließt. Will man daher nicht eher eine Behinderung der Wärmeabgabe statt der erhofften Erleichterung eintreten sehen, so muß für eine stete Fortschaffung des gebildeten Wasserdampfes durch gleichzeitige reichliche Lüftung gesorgt werden.

Auch die beim Schmelzen des Eises latent werdende Wärme hat man für die Erwärmung von Wohnräumen auszunutzen gesucht. Ein Kilo Eis bindet beim Schmelzen 80 Wärmeeinheiten. Bringt man also beispielsweise 50 Kilo Eis innerhalb einiger Stunden zum Schmelzen, so werden damit 4000 Wärmeeinheiten entfernt. Auch diese Menge reicht aber noch nicht aus, um eine fühlbare Kühlung überhitzter Wohnräume zu bewirken. Außerdem ist es schwierig, innerhalb kurzer Zeit so bedeutende Mengen Eis zum Schmelzen zu bringen, und es bedarf daher besonderer kostspieliger Apparate mit außerordentlich großer Oberfläche, wenn nur eine gewisse Wirkung hervorgerufen werden soll.

B. Temperatur-Regulierung im Winter.

Zur Erwärmung der Räume während des Winters benutzen wir Brennmaterialien, die in besonderen Heizvorrichtungen verbrannt werden.

Die Brennmaterialien sind Stoffe, deren Bestandteile (vorzugsweise Kohlenstoff und Wasserstoff) sich unter Wärmeentwickelung mit Sauerstoff verbinden, und welche außerdem die Verbrennung selbsttätig weiter leiten, nachdem sie einmal an einer Stelle auf die Anzündungstemperatur erhitzt sind. Benutzt werden hauptsächlich Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle; ferner die durch trockene Destillation des Holzes gewonnene Holzkohle und die bei der Destillation der Steinkohle zurückbleibenden Koks, beides Brennmaterialien, die aus verhältnismäßig reinem Kohlenstoff bestehen. Außerdem werden gasförmige

Brennmaterialien benutzt, so das bei der Destillation der Steinkohle gewonnene Leuchtgas, ferner die aus schlechter und direkt nicht benutzbarer Braunkohle bereiteten Generatorgase; oder das Wassergas, eine Mischung von Kohlenoxydgas und Wasserstoff, dadurch gewonnen, daß ein Strom von erhitztem Wasserdampf in einem Schachtofen über glühende Kohlen geleitet ist. Endlich fängt neuerdings die elektrische Heizung an, für praktische Zwecke benutzbar zu werden. — Aus der folgenden Tabelle ist der kalorimetrische Effekt der Brennmaterialien, i. e. die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheiten bei vollständiger Verbrennung liefern; zweitens der pyrometrische Effekt, i. e. die Heizkraft, der höchste erreichbare Temperaturgrad; und drittens die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge zu entnehmen.

	Kalorimetrischer Effekt	Pyrometrischer Effekt	Luftbedarf
1 Kilo Holz	2731 W.-E.	1860°	3·5 cbm
1 „ Torf	2742 „	1829°	3·4 „
1 „ Braunkohle . . .	4176 „	2211°	5·0 „
1 „ Steinkohle . . .	7483 „	2565°	8·2 „
1 „ Holzkohle . . .	7034 „	2574°	7·8 „
1 „ Koks	7065 „	2593°	7·9 „
1 „ Leuchtgas . . .	10113 „	2466°	10·9 „

An die Heizvorrichtungen haben wir folgende Anforderungen zu stellen:

1. Die Temperatur im Wohnraum soll im allgemeinen 17° nicht unter- und 19° nicht überschreiten; bei Häusern mit Zentralheizung, wo auch Korridorwände usw. mit beheizt werden, empfindet man eine Temperatur von 17—19° sogar meist schon als zu warm, und die richtigeren Grenzen liegen hier zwischen 16 und 17°. Da nun die Außentemperatur während der Heizperiode in unserem Klima außerordentlichen Schwankungen unterliegt, müssen die Heizapparate sehr gut regulierfähig sein, und es dürfen keinesfalls Heizkörper von sehr großer Wärmekapazität im Zimmer aufgestellt werden.

2. Die Temperatur soll im ganzen Zimmer gleichmäßig verteilt sein, sowohl in der horizontalen wie in der vertikalen Richtung. Ungleiche Temperaturverteilung kommt namentlich dann zustande, wenn stark erwärmte Heizkörper sich im Zimmer befinden. Es resultiert dann eine sehr rasche Abnahme der Temperatur mit der seitlichen Entfernung vom Heizapparat; ferner eine bedeutend höhere Temperatur in den oberen Luftschichten gegenüber dem Fußboden. Bei derartig ungleicher Erwärmung des Zimmers kommt es dazu, daß die eine Seite unseres Körpers stark erwärmt wird, während die andere gegen kältere Wandflächen abstrahlt oder daß der Kopf wesentlich stärker erwärmt wird als die Füße. Solche Ungleichmäßigkeiten der Er-

wärmung führen aber leicht zu einer Störung der Wärmeregulierung und zu Erkältungskrankheiten.

3. Wünschenswert ist, daß die Heizung einigermaßen kontinuierlich sich vollzieht und daß namentlich über Nacht nicht eine vollständige Auskühlung der Wohnräume eintritt. Im Anfang der Beheizung kommt es sonst leicht zu ungleichmäßiger Entwärmung des Körpers unter dem Einfluß der erkalteten Wandflächen des Zimmers.

4. Die Heizung soll keine gasförmige Verunreinigungen in die Wohnungsluft gelangen lassen. Zu dem Zwecke müssen die Verbrennungsprodukte, die aus Kohlensäure, Stickstoff, Kohlenwasserstoffen, sowie aus dem giftigen Kohlenoxydgas bestehen, vollständig nach außen geleitet werden.

In früherer Zeit ist es häufiger zu einem Eindringen der Rauchgase in die Wohnung gekommen infolge frühzeitigen Schlusses der sogenannten Ofenklappen. Dieselben wurden am Übergange des Ofens in den Schornstein angebracht und sollten nach Beendigung der Verbrennung geschlossen werden, um die Wärme des Ofens vollständiger zurückzuhalten und für das Zimmer auszunutzen. Wurden dieselben aber vor Beendigung der Verbrennung geschlossen, so drangen die Rauchgase, und unter diesen auch Kohlenoxydgas, in die Wohnungsluft ein. Jetzt sind fast überall die Ofenklappen beseitigt und die Regulierung der Feuerung ist in die Ofentüre, also vor die Feuerung verlegt.

Indessen soll auch dann, wenn die Rauchgase in vorschriftsmäßiger Weise abgeleitet werden, zuweilen Kohlenoxydgas in Luft von beheizten Räumen übergehen und zwar durch glühend gewordene gußeiserne Öfen. In der Tat ist experimentell nachgewiesen, daß glühendes Gußeisen für Kohlenoxydgas permeabel ist. Aber aus diesem Experiment ist nicht zu folgern, daß aus Heizanlagen mit gutem Zug größere Mengen von Kohlenoxydgas in die Wohnungsluft übertreten können; denn so lange die Feuerung unterhalten wird, besteht hier fortwährend ein lebhafter Zug in den Ofen hinein, und es ist daher nicht möglich, daß ein Austritt von Gasen in umgekehrter Richtung erfolgt, solange noch eine stärkere Entwickelung von Verbrennungsgasen und Kohlenoxydgas stattfindet. Nur wenn die Öfen zu früh geschlossen werden, können für eine kurze Zeit die massenhaft entwickelten Rauchgase auch in die Zimmerluft ihren Ausgang suchen. Diese Periode geht jedoch bald vorüber, und die geringen inzwischen ausgetretenen Rauchgasmengen sind kaum zu schädigenden Wirkungen imstande.

Nachweislich entstehen gewisse Mengen von Kohlenoxydgas, Ammoniak und anderen flüchtigen Produkten durch Verbrennung von Staub an der Außenseite stark geheizter Öfen und Heizkörper. Namentlich auf den Kaloriferen von Luftheizungsanlagen, aber auch auf Heizkörpern der Dampf- oder Heißwasserheizungen kommt es oft zu starken Staubansammlungen und infolge der Verbrennung derselben zu einem merklichen Gehalt der Zimmerluft an Kohlenoxydgas und brenzlich riechenden Produkten. Nur wenn die Temperatur der Heiz-

körper 70° nicht überschreitet, ist die Bildung solcher Verbrennungsprodukte dauernd ausgeschlossen.

5. Die Heizung soll der Wohnungsluft so wenig wie möglich Staub zuführen. Torf, Kohle, Koks liefern beim Beschicken der Öfen die größten Staubmengen. Es ist daher wünschenswert, daß bei diesen Materialien die Beschickung so selten als möglich, und wenn es irgend geht, außerhalb des Wohnraumes erfolgt. — Außerdem bewirken die warmen Heizkörper eine lebhafte Zirkulation der Innenluft, oft auch eine stete Zufuhr von Außenluft (s. unten). Dadurch kann Staub eingeführt und namentlich aufgewirbelter Staub lange schwebend erhalten werden. Die Schwärzung der Zimmerwände hinter den Heizkörpern rührt von den fortgesetzt durch aufsteigende Luftströme dorthin geführten Staubteilchen her.

6. Die Luft des beheizten Wohnraumes soll einen bekömmlichen Feuchtigkeitsgehalt haben.

Die Außenluft hat im Winter infolge ihrer niederen Temperatur eine sehr geringe absolute Feuchtigkeit, beispielsweise bei 0° und 100 Prozent Sättigung nur 4·6 mm Wasserdampf. Tritt nun diese Luft in das Zimmer und wird dort auf 20° erwärmt, ohne daß sie weiteren Wasserdampf aufnehmen kann, so entsteht ein sehr bedeutendes Sättigungsdefizit. Die Luft vermag bei + 20° bis zu 17·4 mm Wasserdampf aufzunehmen; finden sich aber nur 4·6 mm vor, so beträgt die relative Feuchtigkeit nur 26 Prozent und das Sättigungsdefizit 13 mm. Je niedriger die Außentemperatur, je höher dagegen die Temperatur der Wohnungsluft ist, um so geringer muß die relative Feuchtigkeit und um so größer das Sättigungsdefizit ausfallen.

Im allgemeinen ist daher jede Heizluft relativ trocken, oft sogar sehr trocken. Wie bereits früher (S. 36) ausgeführt wurde, wird aber bei Zimmertemperatur eine niedrige relative Feuchtigkeit bzw. ein Sättigungsdefizit von 10 mm und mehr, gut ertragen. Erst dann, wenn die Luft viel Staub und eventuell noch brenzliche, durch Verbrennung des Staubes entstehende Produkte enthält, treten insofern Belästigungen hervor, als es in solcher Luft leicht zu Reizung und Schmerzempfindung auf der Kehlkopfschleimhaut, namentlich bei anhaltendem Sprechen kommt. — Dagegen sind wir, wie oben betont wurde, gegen höhere Feuchtigheitsgrade bei der Temperatur geheizter Räume sehr empfindlich. Schon eine 60 Prozent übersteigende Feuchtigkeit ruft, namentlich sobald etwas Überheizung vorliegt, ein Gefühl von Bangigkeit und Beklemmung hervor. Als „normal" für die Luft beheizter Wohnräume ist daher eine Feuchtigkeit von 30 bis höchstens bis 50 Prozent zu bezeichnen.

Die Lufttrockenheit kann korrigiert werden entweder durch Verstäubungsapparate, durch welche Wasser mechanisch fortgerissen

wird (Brausen, die gegen ein Blechdach treffen; rotierende Räder, die in Wasser eintauchen usw.); oder durch Verdampfungsapparate. Letztere müssen durchaus an heißen Stellen, auf den Öfen und Kaloriferen selbst angebracht werden, weil sonst keine hinreichende ausgiebige Wasserverdunstung stattfindet und kalte Luft nicht zur Aufnahme größerer Wasserdampfmengen befähigt ist.

7. An Stelle der zur Verbrennung des Brennmaterials im Heizkörper des Zimmers konsumierten Luft muß reine Luft in das Zimmer eingeführt werden. Bei den meisten Heizbetrieben wird nicht nur diejenige Luftmenge fortgeführt, die zur Verbrennung des Brennmaterials gerade erforderlich ist, sondern der starke, durch die Erhitzung bewirkte Auftrieb veranlaßt noch ein Abströmen überschüssiger Luftmengen durch den Verbrennungsraum. Ferner kommt auch durch jeden geschlossenen Heizkörper eine Erwärmung und Verdünnung der Luft des Wohnraums zustande, die ein Nachdringen kälterer Außenluft zur Folge hat. Somit erhalten wir gleichzeitig mit der Heizung auch eine natürliche Ventilation der Wohnräume, deren quantitative Leistung von der Intensität der Beheizung abhängig ist. Für die nachströmende Luft müssen dann aber solche Wege vorgesehen werden, daß keine Verschlechterung der Luftqualität resultiert.

8. Die aus dem Schornstein entweichenden Verbrennungsgase sollen nur einen leichten, durchsichtigen Rauch bilden, da dichte Rauchmassen die Anwohner belästigen bew. durch Einatmung von Ruß die Gesundheit schädigen (s. S. 93). Durch richtige Anlage und zweckmäßigen Betrieb (gute Kohle, genügende Luftzufuhr, nicht zu frühen Schluß des Ofens, vor allem Vorsicht beim Nachheizen usw.) läßt sich überall dichter Rauch vermeiden.

9. Der Betrieb der Heizung muß gefahrlos, einfach und billig sein.

Als preiswürdig bezeichnet man eine Heizanlage, wenn dieselbe ein möglichst hohes Güteverhältnis hat, d. h. wenn ein möglichst großer Bruchteil der insgesamt produzierten Wärmeeinheiten der Erwärmung des Zimmers zu gute kommt. Gewöhnlich gehen durch die unvollständige Verbrennung des Materials und die mit höherer Temperatur entweichenden Rauchgase ca. 40—60 Prozent der produzierten Wärme verloren, so daß oft nur etwa ein Dritteil für die Erwärmung des Zimmers ausgenutzt wird.

An jeder Heizvorrichtung unterscheidet man:

a) den Verbrennungsraum. In demselben findet die Verbrennung des Materials statt; durch den Rost ist er in den eigentlichen Feuerungsraum und den darunter gelegenen Aschenfall geschieden. Durch den Rost findet der Luftzutritt statt; nur bei sehr leicht brennbarem Material

(Holz) kann der Rost fehlen und es genügt eine Öffnung für die Luftzufuhr an der Ofentür.

b) den Heizraum. Von diesem aus erfolgt die Wärmeabgabe an das Zimmer; der Heizraum wird daher nach Möglichkeit verlängert und zwar in Gestalt der sogenannten Züge, durch welche die Rauchgase zunächst auf- und niederströmen müssen, ehe sie in den Rauchfang entweichen. Außerdem wird oft die Oberfläche des Heizraumes durch Anbringung von Rippen und Verzierungen möglichst vergrößert und zur Abgabe der Wärme geeignet gemacht. Man darf indessen mit der Ausdehnung des Heizraumes nicht zu weit gehen. Die Rauchgase müssen immer noch mit einer Temperatur von 120—200° in den Schornstein gelangen, falls ein genügender Zug unterhalten werden soll und es darf daher keine Abkühlung der Rauchgase unter diese Temperatur erfolgen.

c) den Schornstein, der gewöhnlich durch später zu besprechende Aufsätze vor störenden Einflüssen des Windes, des Regens usw. geschützt wird.

Die gebräuchlichen Heizeinrichtungen teilt man ein in Lokalheizungen und Zentralheizungen.

a) Lokalheizungen.

Die Lokalheizungen sind teils Kamine, teils Öfen.

Bei den Kaminen existiert kein Heizraum, sondern es ist nur eine offene Feuerstelle vorhanden, welche direkt in den Schornstein übergeht (Fig. 55). Die Erwärmung des Zimmers erfolgt durch Strahlung vom Feuer aus. Bei Holzfeuerung wird nur $^1/_{16}$ der Wärme ausgenutzt. Der Fußboden bleibt kalt, ebenso die Luft, die in überreichlichen Mengen dem Kamin zuströmt. Sehr leicht gelangt ein Teil der Rauchgase in das Zimmer.

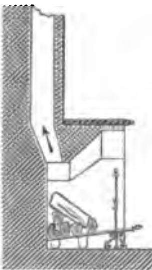


Fig. 55. Einfacher Kamin.

Eine gewisse Verbesserung können die Kamine dadurch erfahren, daß in denselben eine Kohlenfeuerung mit Rost angebracht wird; ferner an der Vorderseite ein Schild zur Regulierung des Luftzutritts. Außerdem wird die Übergangsöffnung des Kamins in den Schornstein kleiner gemacht und vor derselben eine stellbare Klappe zur Regulierung der Größe dieser Öffnung angebracht.

Wesentlich bessere Erwärmung liefern die GALTONschen Kamine (Fig. 56.) Bei denselben ist das die Heizgase abführende Rauchrohr von einem Mantel umgeben, in welchen unten Luft eintritt. Diese erwärmt sich am Rauchrohr und tritt oben in das Zimmer. Dadurch findet eine viel bessere Ausnutzung der Brennmaterialen und gleichmäßigere Erwärmung des Zimmers statt. Immerhin ist die Kaminheizung selbst nach Anbringung aller dieser Verbesserungen für unser Klima durchaus ungenügend.

Bei den Öfen strömen die Verbrennungsgase durch einen ausgedehnten, für die Erwärmung des Zimmers möglichst nutzbar gemachten Heizraum.

Entweder verwendet man eiserne Öfen. In ihrer früheren primitiven Form sind dieselben unbedingt zu verwerfen; sie erwärmten sich nicht anhaltend, mußten sehr häufig beschickt werden und veranlaßten daher starke Staubentwicklung im Zimmer. Außerdem erhitzten sie sich zeitweise sehr intensiv und gaben dann zu höchst ungleicher Verteilung der Temperatur im Zimmer und zur Verbrennung von Staubteilchen Anlaß; andererseits kühlten sie rasch und vollständig wieder aus, so daß nur durch fortgesetzte sorgfältigste Bedienung eine gleichmäßige Regulierung der Temperatur gelang. — Eine sehr unvollkommene Besserung wird durch die Ausfütterung der eisernen Öfen mit Chamottesteinen erreicht; dieselben beseitigen die Übelstände nur teilweise und sind wenig haltbar.

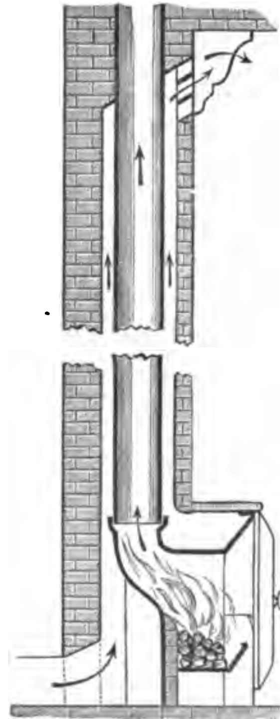


Fig. 56. Galtonscher Kamin.

Alle Unzuträglichkeiten sind dagegen vollständig zu beseitigen durch die Konstruktion der Mantel-Regulier-Füllöfen. Als Füll- bzw. Schüttöfen werden dieselben bezeichnet, weil sie das ganze Brennmaterial auf 6—12—24 Stunden auf einmal aufnehmen. Die meisten derselben sind außerdem Dauerbrandöfen, d. h. sie brauchen nur einmal während der Heizperiode angeheizt zu werden, das frische Feuerungsmaterial wird immer auf die noch glimmenden Reste des früheren aufgeworfen. Die Öfen entsprechen daher am besten der oben aufgestellten Forderung einer möglichst kontinuierlichen Heizung.

Das Brennmaterial wird entweder in einem senkrecht stehenden Zylinder eingefüllt und dann oben angezündet; die Verbrennung schreitet allmählich von unten nach oben fort. Der Luftzutritt soll dabei durch den unten gelegenen Rost erfolgen; um dies zu ermöglichen, müssen Kohlen verwandt werden, die nicht zusammenbacken, sondern auch nach dem Erhitzen für Luft durchgängige Zwischenräume bieten. Am Besten eignen sich Koks oder abgesiebte nußgroße Stücke Anthrazitkohle. Durch eine Tür, welche sich vor dem Rost befindet, ist die Verbrennung in sehr empfindlicher Weise regulierbar. Die Füllung des

Zylinders kann eventuell auch außerhalb des Wohnraumes vorgenommen werden, und der ganze gefüllte Zylinder wird dann in den Ofen eingesenkt. — Oder die Öfen werden mit einem seitlichen Schacht konstruiert (Schachtöfen, Fig. 58), in welchen eine größere Menge Kohlen auf einmal eingefüllt wird, nachdem an der tiefsten Stelle auf dem Rost ein Feuer angezündet ist; aus dem Schacht gleitet das zuerst aufgeworfene und das demnächst nachgeschüttete Brennmaterial allmählich abwärts in den Verbrennungsraum. Der Rost ist gewöhnlich von außen beweglich und dadurch eine Auffrischung des Feuers ermöglicht. — Eine besonders vollständige Verbrennung wird auch durch einen Korbrost mit aufrechtem Füllschacht erzielt.

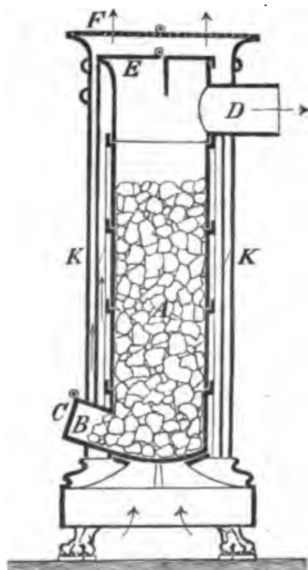


Fig. 57. Meidingerofen.
A Brennstoff. *B* Hals. *C* Verschiebbare Tür. *D* Rauchrohr. *E* Deckel. *F* Oberer durchbrochener Deckel. *K* Mantel.

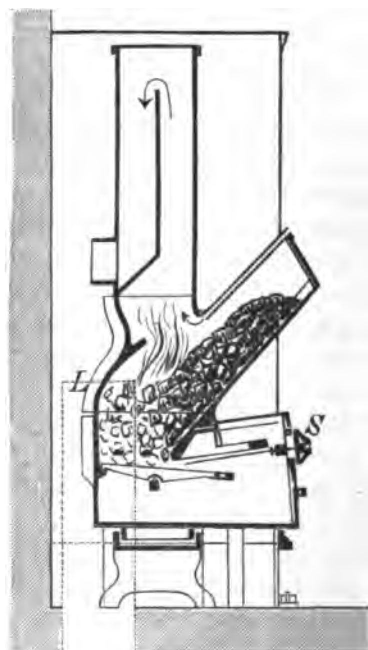


Fig. 58. Käufers Schachtofen, Längsschnitt. *L* Luftzufuhrkanal. *S* Regulierscheibe.

Zur Verhinderung der direkten Strahlung sind diese Öfen ferner mit einem Mantel umgeben, d. h. in einem Abstande von mindestens 10 cm und höchstens 30—40 cm ist um den eigentlichen Ofen ein Blechzylinder gelegt, zuweilen in doppelter Lage, der unten in einem gewissen Abstand vom Fußboden endet, so daß die Luft des Zimmers mit der des Mantelraums kommuniziert. Der Mantel wird bei hinreichend weitem Abstand wenig mehr als handwarm; die Öfen wirken daher fast gar nicht durch Strahlung, sondern vorzugsweise durch zirkulierende erwärmte Luft, die fortwährend unten in den Mantelraum eintritt, oben erwärmt ausströmt und sich dann allmählich im Zimmer

verteilt (Zirkulationsöfen). — Der Mantelraum läßt sich außerdem sehr gut mit einem Ventilationskanal verbinden, der unter dem Fußboden nach außen oder nach einem Korridor führt und durch welchen fortwährend frische Luft in das Zimmer geschafft wird (Ventilationsöfen s. Fig. 58 u. 59). Dieser Zufuhrkanal ist gewöhnlich durch eine Klappe regulierbar, so daß je nach Bedarf bald nur Zirkulation der Zimmerluft durch den Mantelraum und dann starke Erwärmung des Zimmers, bald lebhafte oder gemäßigte Ventilation hergestellt werden kann. — Nach diesen Prinzipien sind z. B. konstruiert

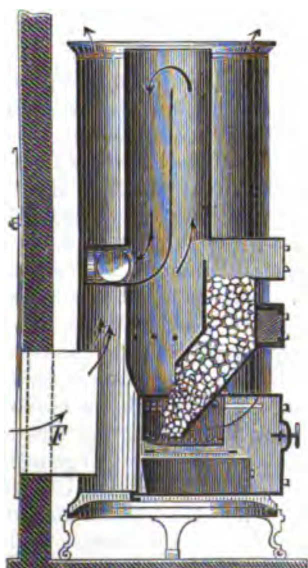


Fig. 59. KEIDELs Ofen.
F Luftkanal, von außen kommend und in den Mantelraum mündend.

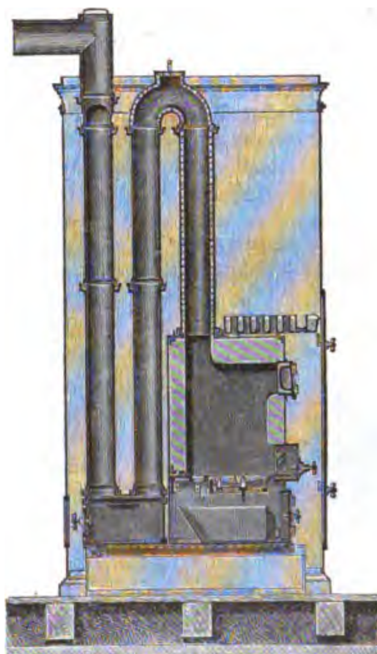


Fig. 60. KELLINGscher Mantelofen.

der MEIDINGERsche Ofen (Fig. 57), der KEIDELsche Ofen (Fig. 59) und der Schachtofen von KÄUFER & Co. (Fig. 58). Ohne Mantel, aber gut regulierbar und als Dauerofen zu betreiben sind die Öfen von JUNCKER & RUH und der LÖNHOLDsche Ofen (Fig. 61); letzterer mit sog. Sturzflammenfeuerung, d. h. die Flammen und Gase der beiden getrennten Feuerungen *dd* stürzen in eine dazwischen liegende Chamotte-Heizkammer *a*, in welcher sehr vollständige Verbrennung entsteht. Ferner die CADÉ-Öfen, die mit sehr kleiner Anthrazitkohle (10—22 mm Korngröße) beschickt werden müssen und vielfach als

Kaminöfen arrangiert werden. — Für größere Räume, Krankensäle usw. empfiehlt sich der KELLINGsche Mantelofen (Fig. 60).

Wesentlich verschieden von den eisernen Öfen sind die Kachel- oder Massenöfen, bei welchen einmal am Tage eine größere Menge Brennmaterial verbrannt und die dabei gelieferte Wärme in der Steinmasse des Ofens aufgespeichert wird, so daß dieselbe von dort allmählich in den Wohnraum übergeht. Zwischen den Zügen findet sich eine Füllung von Ziegeln und Lehm; außen ist der ganze Ofen mit Kacheln umkleidet. Je nach dem Umfange stellt derselbe dann ein größeres oder geringeres, im Vergleich zu den eisernen Öfen aber immer sehr bedeutendes Wärmereservoir dar. — Tragen die Kachelöfen einen gußeisernen Feuerraum, so bezeichnet man sie als gemischte Öfen.

Die großen Kachelöfen sind für unser Klima entschieden nicht geeignet, weil sie zu schwer regulierbar sind und sich den steten Temperaturschwankungen unseres Winters und Frühjahrs nicht hinreichend anpassen lassen. Herrscht des Morgens eine Außentemperatur von 0° und ist dementsprechend der Ofen kräftig angeheizt, so kommt es vielfach vor, daß die Temperatur im Laufe des Tages auf + 10° steigt. Es gibt dann kein Mittel, um die Wärme des Ofens wieder herabzumindern; die einmal in dem großen Reservoir aufgespeicherte Wärme wird unter allen Umständen an den Wohnraum abgegeben und es muß dort eine Überhitzung zustande kommen. Andererseits ist es schwer, bei plötzlichem Sinken der Temperatur in wenigen Stunden eine entsprechend stärkere Erwärmung des Zimmers zu erzielen. — Die massiven Steinöfen sind daher nur für ein ausgesprochen nordisches Klima mit anhaltender Kälte geeignet. Für unser Klima müssen dieselben wenigstens von geringerem Umfange hergestellt, oder es müssen Übergänge zwischen den Eisen- und Kachelöfen konstruiert werden, z. B. dadurch, daß ein eiserner Füllofen mit einem Mantel von Kacheln umgeben wird.

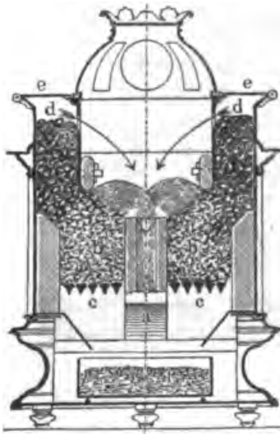


Fig. 61. Sturzflammenfeuerung.

Sehr vorteilhaft sind in vielen Fällen Gasöfen. Der Betrieb derselben und die Regulierung der Heizung ist einfacher und schneller wie bei jeder anderen Heizung; in kürzester Frist kann Erwärmung und ebensoleicht völlige Auskühlung des Ofens erzielt werden. Außerdem wird Staub und Ruß am besten vermieden. Unbedingt muß für Abfuhr der Heizgase (stets nach oben!) gesorgt sein. — Die Anschaffungskosten sind gering, der Betrieb dagegen teuer; sie sind daher höchstens da zu empfehlen, wo für Heizgas billigere Preise berechnet werden, oder wo nur ausnahmsweise und als Reserve diese Heizung zur Anwendung kommen soll (Ergänzung von Warmwasserheizungen, ferner

in Häusern mit Zentralheizungen, wenn nach deren Erlöschen im Frühsommer noch für kurze Zeit Heizung erforderlich ist).

Im Gebrauch sind namentlich zwei Konstruktionen: Reflektoröfen, in Kaminform, mit einem Strahlschirm von gewelltem Messingblech, welcher die Wärmestrahlen der im oberen Teil brennenden Gasflammen ins Zimmer reflektieren soll. Außerdem wird die Wärme der Rauchgase noch durch Blechkanäle ausgenutzt (Fig. 62).

Mit besserer und gut regulierbarer Ventilation verbunden ist der Karlsruher Schulofen, ein Mantelofen, der vorzugsweise durch er-

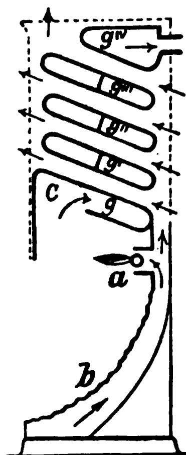


Fig. 62. Warsteiner Reflektorofen.

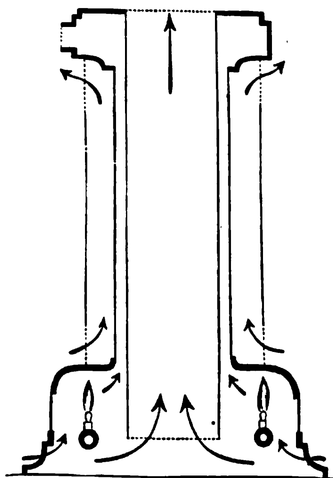


Fig. 63. Karlsruher Schulgasofen. (Durchschnitt.)

wärmte Luft heizt und auf Zirkulation oder Ventilation gestellt werden kann (s. Fig. 63). Die Verbrennungsprodukte des Gases steigen in einem konzentrischen engen „Schlitzkanal" auf.

Zur Reserveheizung oder auch zur periodischen Beheizung kleinerer Räume verwendet man vielfach mit gutem Erfolg Petroleum- oder Spiritusöfen, deren Verbrennungsgase einer Ableitung in den Schornstein nicht unbedingt bedürfen. Immerhin kommt es beim Fehlen solcher Ableitungen zu erheblicher Wasserdampf- und CO_2-Ansammlung in der Zimmerluft, bei nicht sehr sorgfältigem Betriebe auch zu einem Gehalt an CO und anderen unvollkommenen Oxydationsprodukten.

b) Zentralheizung.

Die Wärme wird von einem zentralen Feuerherd aus durch Luft, Wasser oder Dampf nach den Wohnräumen hin transportiert.

Luftheizung.

Bei derselben wird Luft an einem Ofen erwärmt und dann den Zimmern zugeleitet. — An einer Luftheizungsanlage unterscheidet man:

1) Den Heizapparat oder Kalorifer. Gewöhnlich besteht derselbe aus einem großen gußeisernen Schüttofen; der Heizkörper ist kofferförmig und dann mit zahlreichen Rippen versehen, oder er besteht in einem geschlängelten, oft ebenfalls mit Rippen versehenen Rohr, das oben beginnt und die Heizgase allmählich nach unten und von dort in den Schornstein führt. Der Heizkörper muß die Wärme leicht und rasch abzugeben imstande sein.

2) Die Heizkammer, eine ummauerte Kammer, welche in einem gewissen Abstande den Heizkörper allseitig umgibt. Nur an der Seite, wo sich die Feuerung befindet, fällt ihre Wand mit der des Heizapparates zusammen. In der Heizkammer münden alle Kanäle für die Heizluft; ferner befinden sich dort Wasserbecken, welche zur Wasserverdunstung dienen und am besten oben auf den heißesten Rippenrohren des Kalorifers angebracht werden (Fig. 64). — Die Heizkammer soll leicht betretbar sein, so daß eine regelmäßige gründliche Reinigung des Kalorifers und der ganzen Heizkammer vorgenommen werden kann. In unzulänglichen und selten gereinigten Heizkammern sammeln sich enorme Staubmassen, deren Verbrennung die Zimmerluft stark verunreinigt (vergl. S. 317).

Heizkammer und Heizapparat werden am tiefsten Ort des Hauses, im Souterrain, angelegt. Bei großen Gebäuden sind mehrere Heizkammern und mehrere für sich bestehende Systeme von Luftheizung in demselben Gebäude einzurichten.

3) Die Kaltluftkanäle. Die Entnahmestelle für die Außenluft muß gegen Staub, üble Gerüche und dergleichen möglichst geschützt sein. Um ferner von Windstößen und Winddruck unabhängig zu sein, legt man am besten für jeden Kalorifer an zwei entgegengesetzten Seiten des Gebäudes Öffnungen an. Stets läßt man die Luft zunächst in eine Luftkammer, eine größere Erweiterung des Zufuhrkanals, eintreten, welche plötzliche Windstöße abschwächt, und in welcher sich ein grobes Filter zur Abhaltung von Insekten befindet. Von da führt ein weiter Kanal die Luft unten in die Heizkammer (Fig. 64).

Zuweilen werden auch feinere Filter (Moellersches Filtertuch) angebracht, die zur Zurückhaltung des Staubes dienen sollen. Dieselben bewirken jedoch eine sehr starke Verengerung des Querschnittes, falls die Filteröffnungen hinreichend fein sind und wirklich Staub abhalten, und sind nur anwendbar, wenn die Luftförderung durch maschinelle Kräfte unterstützt wird. — Besser sind in den Kaltluftkammern angebrachte Rahmen mit rauhem Stoff,

die nicht den ganzen Querschnitt der Kammer füllen, sondern so gestellt sind, daß die Luft bald über, bald unter ihnen freien Raum findet, dabei aber immer an den rauhen Flächen vorbeistreicht. Sie müssen leicht herausnehmbar sein und oft gereinigt werden. — Sehr kräftig wirkt ein Wasserschleier auf die Staubbeseitigung, der dadurch hergestellt wird, daß in der Kaltluftkammer Wasserleitungsrohre mit feinen Bohrungen zahlreiche kräftige, verstäubende Wasserstrahlen aussenden. Die Betriebskosten sind aber relativ hoch. — Die

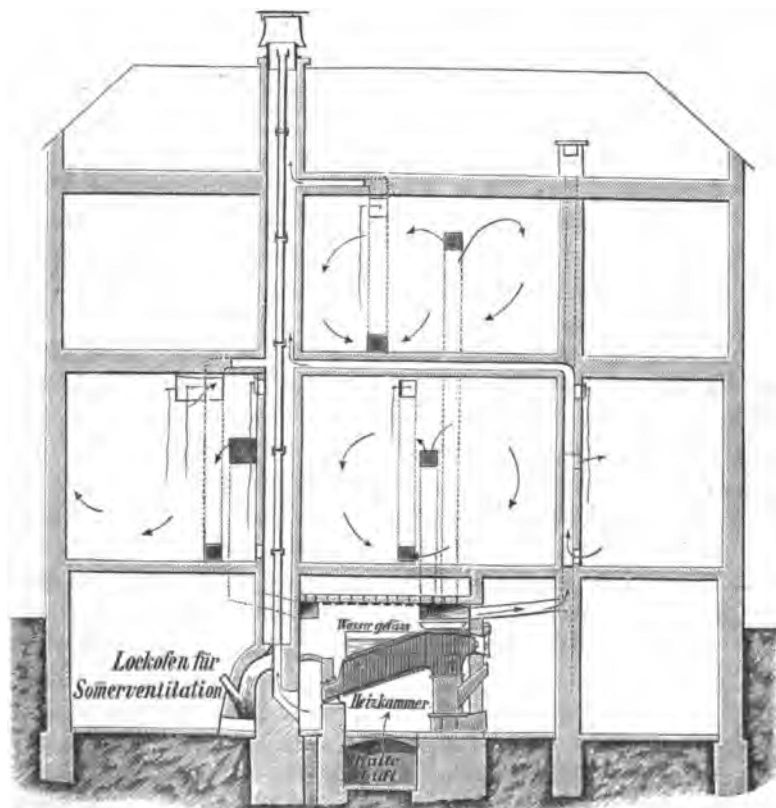


Fig. 64. Schema einer Luftheizungsanlage.

Hauptsache für die Fernhaltung von Staub ist immer die richtige Auswahl und Behandlung der Entnahmestelle für die Luft. Hier sollte stets eine kleine Rasenfläche mit Buschwerk vorhanden sein, die nach Bedarf befeuchtet wird.

4) Die Heizluftkanäle. Dieselben nehmen ihren Anfang in der Heizkammer und verlaufen von da in den Innenwänden des Hauses nach den einzelnen Wohnräumen. Sie werden möglichst vertikal geführt; bei langen, horizontalen Leitungen treten zu starke Reibungswiderstände auf und die betreffenden Räume erhalten zu wenig Heizluft. — Die Eintrittsöffnungen dieser Kanäle werden oben in der Heiz-

kammer, die der Kaltluftkanäle unten angelegt; die zuströmende kalte Luft muß dann an dem Heizapparat aufwärts steigen, und da in diesem die Heizgase sich von oben nach unten bewegen, findet eine außerordentlich vollständige Erwärmung der Luft statt.

Jeder Wohnraum bekommt seinen eigenen Heizluftkanal. Die Ausströmungsöffnung im Zimmer liegt etwa 1—2 m über Kopfhöhe. Man wählt dieselbe so groß, daß die Geschwindigkeit der austretenden Luft höchstens $^1/_2$—1 m beträgt, weil bei größerer Geschwindigkeit lästige Zugempfindungen auftreten. Für größere Zimmer wählt man mehrere Austrittsöffnungen; die einzelne soll nicht über 60 cm i. Quadr. messen. Wünschenswert ist es, daß die Austrittskanäle nahe der Öffnung eine solche Wölbung oder aber unmittelbar vor der Öffnung Jalousien bzw. stellbare Schirme erhalten, daß der Luftstrom immer zunächst gegen die Decke des Zimmers dirigiert wird; von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken und dann in der unteren Region des Zimmers abströmen.

5) Abfuhrkanäle. Bei allen größeren Luftheizungsanlagen gibt man der Luft auch noch besondere Abfuhröffnungen. Diese führen in Kanäle, welche in den Innenwandungen bis über das Dach hinausgehen, oder auf dem durch Firstaufsätze kräftig ventilierten Dachboden münden. Ihre Wirkung wird gesichert, wenn man sie mit einer Wärmequelle in Verbindung setzt, sie z. B. in den Mantelraum eines ständig benutzten Schornsteins (Fig. 64) führt oder sie mit Gasbrennern und dergleichen versieht. Die Abfuhrkanäle beginnen im Zimmer mit zwei Öffnungen; die eine liegt nahe am Fußboden, die andere nahe der Decke. Nur die erstere soll für gewöhnlich benutzt werden. Die obere wird ganz ausnahmsweise dann geöffnet, wenn im Zimmer eine zu große Wärme entstanden ist und nunmehr die einströmende Luft, ohne den bewohnten Teil des Zimmers berührt zu haben, direkt wieder abströmen soll; meist ist sie ganz entbehrlich.

Alle die aufgezählten Kanäle müssen mit großer Sorgfalt hergestellt und namentlich im Innern derartig verputzt sein, daß sich keinerlei Staub ablöst. Auch müssen sie entweder zum Zweck der Reinigung besteigbar sein oder doch wenigstens mit Bürsten leicht und vollständig gereinigt werden können.

Die Regulierung der ganzen Heizanlage geht in folgender Weise vor sich. Zunächst ist die Heizluft auf die einzelnen Räume richtig zu verteilen. Ungefähr gelingt dies schon durch eine vorläufige Berechnung der für jedes Zimmer erforderlichen Weite der Kanäle und der Größe der Ausströmungsöffnung für die Heizluft. Bei der Probeheizung zeigt sich aber gewöhnlich doch, daß das eine Zimmer zu viel,

das andere zu wenig Heizluft bekommt und daher sich nicht auf dem vorgeschriebenen Temperaturgrad hält. Um dann nachträglich noch eine richtige Verteilung zu erzielen, ist in jedem Heizluftkanal eine Drosselklappe angebracht und diese wird dann ein- für allemal so gestellt, daß der Kanal den für das Zimmer richtigen Querschnitt erhält.

Je nach der Außentemperatur wechselt dann aber der tägliche und stündliche Bedarf desselben Raumes an Heizluft, und es ist schwierig, mit der zentralen Feuerung diesen Schwankungen zu folgen. Vielfach behilft man sich damit, daß anfangs reichlich geheizt wird, meist durch die sog. Zirkulationsheizung, bei welcher die Abfuhrkanäle geschlossen sind und die Heizluft aus den Zimmern wieder zur Heizkammer zurückströmt (Fig. 65). Ist dann im Zimmer die gewünschte Temperatur erzielt, so wird die weitere Zufuhr von Heizluft durch Schließen von Klappen in den Zufuhrkanälen vollständig sistiert. Damit hört aber jede Zufuhr von Luft überhaupt und jede Ventilation vollkommen auf, und es wird dies bei Luftheizungen um so schwerer empfunden, als allgemein bei denselben das Verbot besteht, Fenster und Türen zu öffnen, damit nicht durch den Einfluß derartiger willkürlicher Öffnungen die geregelte Verteilung der Luft in Unordnung gerate.

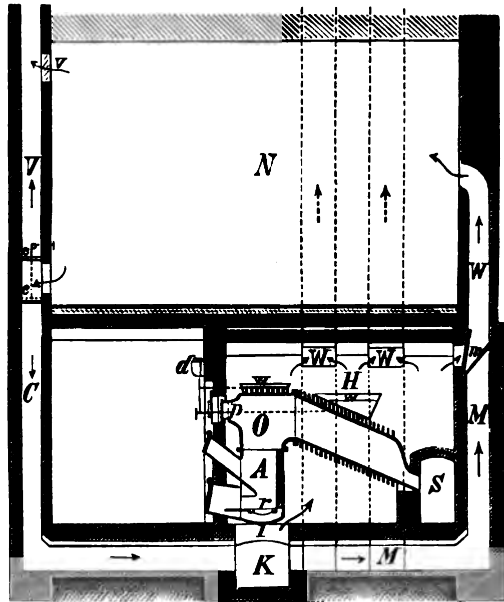


Fig. 65. Luftheizung. Heizkammer und Kanäle.
H Heizkammer. *O* Ofen. *S* Schornstein. *K* Kaltluftkanal. *W* Warmluftkanal. *M* Mischkanal. *V* Abfuhrkanal. *C* Zirkulationskanal; ist die Klappe *c* in die obere Stellung gebracht, so strömt die Luft aus dem Zimmer *N* durch den Kanal *C* wieder nach der Heizkammer.

Um eine Regulierung der Temperatur zu bewirken, ohne das Quantum der zuströmenden Luft zu verringern, müssen offenbar Vorrichtungen vorhanden sein, welche eine Mäßigung der Temperatur der Heizluft bewirken. Es geschieht dies gewöhnlich dadurch, daß für jeden Heizluftkanal ein Mischkanal hergestellt wird, d. h. nach dem Austritt aus der Heizkammer oder innerhalb der Wand der Heiz-

kammer vereinigt sich der Heizluftkanal (*W* in Fig. 65) mit einem von außen bzw. aus dem untersten Teil der Heizkammer heraufgeführten Kaltluftkanal (*M*) und durch Stellung einer Klappe *m* kann entweder der eine oder der andere Kanal abgesperrt oder es kann eine beliebige Mischung beider Luftarten erzielt werden.

Die Temperaturregulierung für sämtliche Räume ist alsdann in die Nähe der Heizkammer verlegt und ist Sache des Heizers. Damit derselbe über die Temperatur der Wohnräume orientiert ist, ohne diese betreten zu müssen, sind entweder in den Türfüllungen Thermometer eingelassen, die von außen abgelesen werden und die mit einer konstanten und bekannten Abweichung die Temperatur im Innern des Zimmers anzeigen; oder es sind Metallthermometer im Wohnraume angebracht, deren Stand der Heizer durch elektrische Übertragung erfahren kann (Moennichscher Fernmeßinduktor). — Niemals sollte eine Regulierung an Heizluftkanälen von den Bewohnern des Zimmers vorgenommen werden, da hierdurch der Betrieb der ganzen Anlage gestört wird.

Gegen die Luftheizungsanlagen hat sich in neuerer Zeit eine lebhafte Opposition erhoben. Es wird vielfach über eine Überhitzung der Räume und über schlechte Regulierfähigkeit der Anlage geklagt. Es kommt dies jedoch nur dann vor, wenn entweder die Bewohner des Zimmers sich an der Regulierung der Temperatur beteiligen oder wenn der Heizer überbürdet und nicht ausschließlich für die Kontrolle der Heizung angestellt ist. Nicht selten werden die besten Anlagen dadurch völlig verdorben und funktionsunfähig gemacht, daß man an der Anstellung eines ausschließlichen Heizers zu sparen sucht.

Bei freistehenden und dem Winde stark exponierten Gebäuden bereitet allerdings die Luftheizung Schwierigkeiten. Es kommt dann sehr leicht zu einer mangelhaften Erwärmung auf der dem Winde exponierten und zu einer zu hohen Erwärmung auf der dem Winde abgekehrten Seite des Hauses.

Viele Klagen werden ferner darüber erhoben, daß eine schlechte Luft in den mit Luftheizung versehenen Räumen herrsche. Der Grund dieser Klage liegt fast jedesmal in dem Fehlen geeigneter Mischkanäle und in dem Aufhören jeglicher Luftzufuhr, nachdem die Räume hinreichend erwärmt sind. Eine Luftheizung, die in normaler Weise mit Mischkanälen versehen ist, gewährt im Gegenteil eine reichlichere Lufterneuerung, als mit irgend einem anderen System erzielt werden kann. — Vielfach wird auch die Luft als staubig und von eigentümlich brenzlichem Geruch bezeichnet. Dies ist dann der Fall, wenn die Entnahmestelle für die Luft ungünstig ist, wenn die Kanäle schlecht verputzt und mangelhaft gereinigt sind und wenn namentlich die Heizkammer, wie man es bei älteren Anlagen vielfach findet, überhaupt nicht zum Zwecke der Reinigung betreten werden kann, so daß es zu Staubanhäufung und Staubverbrennung auf dem Kalorifer kommt. — Endlich wird der Luftheizung oft eine besonders trockene Luft vorgeworfen. Meist wird aber der Feuchtigkeitsgehalt der Luft — abgesehen von Überheizungen und vom Fehlen geeigneter Befeuchtungsvorrichtungen — nicht abnorm niedrig gefunden, sondern die

lästigen Empfindungen sind auch hier hauptsächlich auf den Staubgehalt der Luft und die durch Staubverbrennung entstehenden brenzlichen Produkte zurückzuführen, die bei zweckmäßiger Anlage und gutem Betriebe leicht vermieden werden können.

Wasserheizung.

Das Wasser ist sehr geeignet zur Wärmeübertragung wegen seiner großen Wärmekapazität. Die Anordnung einer Wasserheizanlage ist so, daß im Souterrain der Feuerraum und über diesem ein Kessel sich befindet (die Heizung kann auch mit dem Küchenherd verbunden werden [Liebau]). Vom Kessel geht ein Röhrensystem aus, das wieder in denselben zurückführt und inzwischen die verschiedenen zu beheizenden Räume durchläuft (s. Fig. 66). Das im Kessel erwärmte Wasser wird als spezifisch leichter zunächst nach oben bis zum höchsten Punkte des Systems, dem Expansionsgefäß, gedrückt; von da fließt es allmählich unter steter Abkühlung wieder zum Kessel zurück.

Ist das Röhrensystem oben offen, so erreicht die Temperatur des Wassers im äußersten Falle 100° oder wenig darüber; für gewöhnlich ist die Temperatur erheblich niedriger. Infolge dieser niederen Temperatur muß die Masse des Wassers, welches den Wohnräumen zugeführt wird, relativ groß sein und die aus Schmiedeeisen, seltener aus Kupfer hergestellten Röhren weit (50—60 mm). Die Anlage ist daher relativ teuer und man findet sie mehr in Privathäusern, als in öffentlichen Gebäuden („Niederdruckwasserheizung" oder „Warmwasserheizung"). — Oder das Röhrensystem ist oben geschlossen durch ein belastetes Ventil. Je nach der Belastung erzielt man eine Temperatur von 120—200° und bedarf dann geringerer Wasserquantitäten und engerer Röhren. Eine solche Heizanlage bezeichnet man als „Hochdruckwasserheizung" oder „Heißwasserheizung".

Bei der Warmwasserheizung sind die Heizkörper entweder sogenannte Säulenöfen (Fig. 66); ein Mantel aus doppeltem Eisenblech, zwischen dessen Wandungen das Wasser zirkuliert, umschließt einen Luftraum, der mit der Zimmerluft kommuniziert, so daß dieselbe unten ein- und oben abströmt. Gewöhnlich wird der Luftstrom außerdem mit einem verstellbaren Zufuhrkanal von außen in Verbindung gebracht, so daß (wie bei den Mantelöfen) beliebig auf Zirkulation oder Ventilation eingestellt werden kann. — Oder es werden als Heizkörper kastenartige Vorsprünge, oder Röhrenkonvolute (Rohrregister), oder Rippenheizkörper, oder frei stehende glatte bzw. mit Zieraten versehene Radiatoren an den Wänden, unter den Fensterbrüstungen usw. angebracht. An der höchsten Stelle des Röhrensystems findet sich ein Expansionsgefäß, von welchem aus das ganze System mit

Wasser gefüllt wird. An der tiefsten Stelle ist ein Entleerungshahn angebracht.

Die Regulierung der Heizung erfolgt dadurch, daß jeder einzelne Ofen durch einen Hahn abgesperrt und von weiterer Zufuhr warmen Wassers ausgeschlossen werden kann. Soll eine schnellere Kühlung des Zimmers erzielt werden, so kann man das Wasser des Ofens ablassen. Außerdem sind noch die Ventilationskanäle zu einer Regulierung geeignet. — Die Beheizung wirkt bei großen Heizkörpern sehr nachhaltig infolge der bedeutenden im Wasser aufgespeicherten Wärmemenge; allerdings gelingt dann das Anheizen nur langsam, und bei plötzlichem Absinken der Temperatur kann eine genügende Erwärmung auf Schwierigkeiten stoßen. Die Rippenheizkörper mit kleinerer Wasserfüllung sind leichter zu regulieren, müssen aber für den Fall größerer Kälte reichlich vorhanden sein; eventuell sind Gasöfen als Reserve vorzusehen.

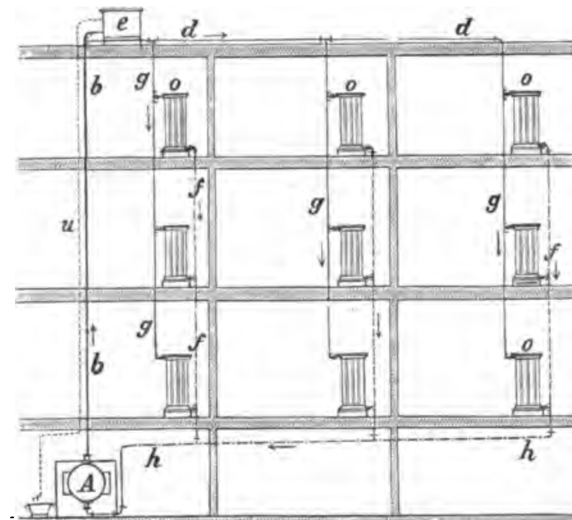


Fig. 66. Warmwasserheizung.
A Kessel. *b* Steigrohr. *e* Expansionsgefäß. *d* Verteilungsrohr. *g* Zuleitungsrohre zu den Öfen. *o* Öfen. *f* und *h* Rücklaufrohre.

Bei der Heißwasserheizung sind enge, sehr starke, auf 150 Atmosphären geprüfte Röhren vorhanden. Auch der Heizkessel stellt nur ein spiralig aufgerolltes Rohr dar, das direkt von den Flammen der Feuerung umspült wird. Die Heizkörper bestehen ebenfalls in kleineren Spiralen (s. Fig. 67). Am höchsten Punkte des Röhrensystems befindet sich ein Expansionsdruckventil, das so belastet ist, daß es sich beispielsweise erst bei 10 oder 15 Atmosphären Druck öffnet und das überschüssige Wasser in ein Reservoir treten läßt. Durch ein Expansionssaugventil tritt beim Erkalten das Wasser wieder in das Röhrensystem zurück. Jedes Röhrensystem hat höchstens 180 m Länge; bei einiger Ausdehnung des Hauses werden daher mehrere Systeme nebeneinander angelegt. — Die Heißwasserheizung ist billig

in der Anlage und gestattet rasche Anheizung; die Heizkörper kühlen sich aber auch rasch wieder ab, ferner strahlen sie ziemlich stark aus und geben zuweilen zu üblen Gerüchen durch Verbrennung von Staub an den Röhren Anlaß. In einigen Fällen haben Explosionen stattgefunden, die allerdings immer den Kessel betrafen. Für Privathäuser, Krankenhäuser, Schulen ist direkte Heißwasserheizung im ganzen nicht geeignet.

Aus der Hochdruckwasserheizung läßt sich eine sogenannte Mitteldruckwasserheizung dadurch herstellen, daß man die Rohre weiter konstruiert und das Ventil so wenig belastet, daß eine maximale Temperatur von 120—130° resultiert.

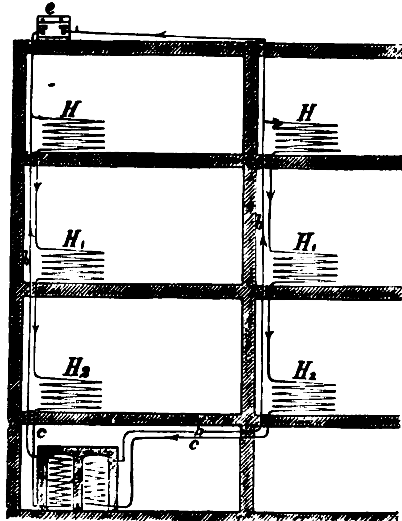


Fig. 67. Heißwasserheizung.
A Feuerstelle. *b* Steigrohre. *H* Heizschlangen. *c* Rücklaufrohre. *e* Expansionsgefäß.

Eine verbreitete Anwendung, auch für Schulen und Krankenhäuser, hat die Heißwasserheizung in Verbindung mit einer Luftheizung gefunden. Der Kalorifer besteht dann aus einem längeren spiralig aufgerollten Rohr einer Heißwasserheizung; die Anordnung der Luftkammer und der Kanäle ist wie bei der Feuerluftheizung. Vor dieser bietet die Heißwasserluftheizung den Vorteil, daß nicht so starke Überhitzung des Kalorifers und der Heizluft eintreten kann.

Dampfheizung.

gestattet Anlagen von unbeschränkter Ausdehnung, die sich daher namentlich für große Etablissements, eventuell für ganze Stadtviertel eignen. Besonders zweckmäßig ist Dampfheizung für Gebäude, welche bereits zum Betriebe der Küche, der Wäsche, der Bäder usw. eines größeren Dampfkessels bedürfen.

Der Kessel befindet sich gewöhnlich ziemlich entfernt vom Hause und wird durch das Kondenswasser gespeist. Vom Kessel aus wird der Dampf in einer Rohrleitung aus Schmiedeeisen oder Kupfer den Wohnräumen zugeführt. Da man dem Dampf nicht gern mehr wie $1\,^1/_2$ Atmosphären Spannung gibt, so daß er eine Temperatur von 110—120° hat, und da der Dampf eine sehr geringe Wärmekapazität besitzt, müßten eigentlich sehr große Dampfmengen zur Beheizung der Räume notwendig sein. Man rechnet indes gar nicht wesentlich auf die von dem strömenden Dampfe abgegebene Wärme, sondern viel-

mehr auf diejenige Wärme, welche bei der Kondensation des Wasserdampfs frei wird. Bei der Bildung von 1 Liter Kondenswasser werden 540 Wärmeeinheiten frei und für die Erwärmung der Wohnräume verfügbar, wenn man die Kondensation in den in den Zimmern aufgestellten Heizapparaten vor sich gehen läßt.

Die Röhren sind mit Kompensatoren versehen, welche der Wärmeausdehnung Rechnung tragen. Das Hauptrohr führt den Dampf zunächst zu dem höchsten Punkt der Anlage und von da durch die Heizkörper abwärts. Läßt man das Kondenswasser in den Dampfröhren zurückfließen, so entstehen fortgesetzt störende Geräusche; man wählt daher gewöhnlich besondere (erheblich engere) Rohre zur Ableitung des Kondenswassers. Damit durch letztere kein Dampf entweicht, findet der Übertritt des Wassers in dieselben vermittelst selbsttätiger Ventile statt. — Die Heizkörper werden durch Öfen nach Art der Warmwasseröfen oder durch Register oder Röhrenkonvolute gebildet.

Bei der Kondensation entsteht ein Vakuum, und die Heizapparate würden durch den äußeren Luftdruck komprimiert werden können, wenn man nicht dafür sorgt, daß Luft in die Röhren eintreten kann. Die eingedrungene Luft muß dann aber, um dem einströmenden Wasserdampf kein Hindernis zu bereiten, beim Zulassen neuen Dampfes wieder entfernt werden. Dieses Ein- und Abströmen der Luft in das Röhrensystem geschieht entweder durch besondere Hähne oder durch selbsttätige Ventile, ist aber oft mit Geräuschen verbunden.

Vielfach legt man der Geräusche wegen die Heizkörper überhaupt nicht in die Wohnräume selbst, sondern verbindet die Dampfheizungen mit einer Luftheizung derart, daß man die Luft an einem zentralen Dampfheizkörper oder an mehreren, z. B. auf dem Korridor aufgestellten Heizkörpern sich erwärmen und dann in das Zimmer einströmen läßt.

Große Verbreitung gewinnen in neuerer Zeit die sogenannten Niederdruckdampfheizungen, die auch in kleineren Gebäuden sich mit Vorteil ausführen lassen.

Der Kessel dieser Heizung hat ein offenes Standrohr, so daß höchstens $^1/_4$, gewöhnlich nur $^1/_{10}$ Atmosphäre Überdruck vorhanden ist, und ist daher nicht konzessionspflichtig. Im Kessel befindet sich ein zentraler Heizkasten, der von oben beschickt wird. Der Luftzutritt zur Feuerung und damit die Intensität der Feuerung und Dampfentwicklung kann automatisch durch die Dampfspannung im Kessel reguliert werden (Bechem & Post); oder eine in Hg schwimmende Glocke hebt je nach ihrer Belastung durch Plattengewichte ein Ringventil, das den Luftzutritt zur Feuerung regelt (Kelling). Die Heizapparate sind Radiatoren oder Rippenregister, die vielfach mit einem „Vorsetzer“, einem Mantel aus Eisenblech, oder auch aus schlecht leitendem Material umgeben sind, so daß keine Erwärmung der Zimmer durch Strahlung stattfindet (Fig. 68). Die Beheizung geschieht vielmehr durch erwärmte Luft, die unten an dem Heizapparate ein- und oben austritt. Die Eintrittsöffnung ist beliebig verstellbar; vom Heizapparat geht außerdem ein Kanal nach außen, durch welchen frische Luft ins Zimmer eingeführt werden kann. — Die

Regulierung der Wärme der Heizkörper erfolgt im übrigen dadurch, daß der für die Wärmeabgabe ausgeschaltete Teil sich mit Wasser (Körtingsche Syphon-Wasservorrichtung) oder mit Luft aus der Kondensleitung füllt.

Neuerdings wird für Gebäude mit starkem Ventilationsbedarf Schulen, Krankenhäuser usw., vielfach vorgezogen, zunächst durch Zufuhr: von gewärmter Luft mittels einer gesonderten Luftheizung die nötige Ventilation zu beschaffen und zugleich damit einen Teil des Wärmebedarfs zu decken; dann aber für die Deckung des weiteren Wärmebedarfs, namentlich in den Perioden größerer Kälte, durch Öfen oder Wasser- oder Dampfheizung zu sorgen. Die Unabhängigkeit beider Anlagen voneinander ist von entschiedenem Vorteil. — Über die sog. Fußbodenheizung siehe im Kap. „Krankenhäuser".

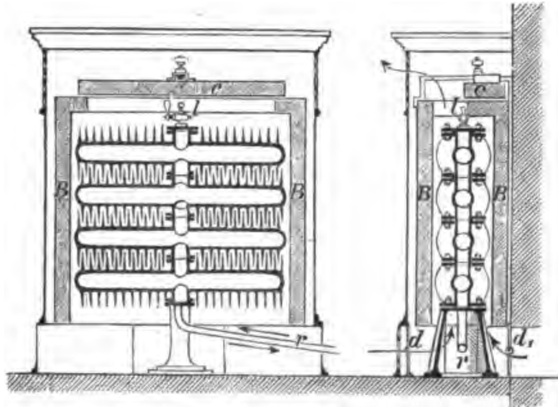


Fig. 68. Heizkörper der Niederdruckdampfheizung.
r Zu- und Ableitungsrohr. B Isoliermantel. c verstellbare Klappe. d Öffnung für Zirkulation. d_1 für Ventilation.

Literatur: Rietschel, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Auflage, Berlin 1902. — Fischer im Handbuch der Architektur, T. III, Bd. 4, 1891. — Fanderlik, Elemente der Lüftung und Heizung, 1887. — Schmidt, Heizung und Ventilation, in Weyls Handbuch der Hygiene, 1896. — v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, 3. Auflage, 1902.

V. Ventilation der Wohnräume.

Wie S. 86 genauer ausgeführt wurde, verändern die in einem geschlossenen Raume lebenden Menschen die Beschaffenheit der Luft in hohem Grade, indem sie erstens Wärme und Wasserdampf in solcher Menge produzieren, daß schließlich eine ausreichende Entwärmung des Körpers auf Schwierigkeiten stößt. Häufig sind an dieser Produktion die Beleuchtungskörper der Wohnräume starkt beteiligt. Zweitens konsumieren Menschen und Beleuchtungsmaterialien allmählich den Sauerstoff, jedoch ohne daß es je zu einer bedenklichen Verminderung des Sauerstoffgehalts der Luft kommt. Drittens sammeln sich gasförmige Verunreinigungen an, Kohlensäure, namentlich aber

riechende Gase, die durch Zersetzung der auf Haut und Schleimhäuten sich sammelnden Epithel- und Sekretreste, oder auch durch unvollkommene Verbrennung der Beleuchtungsmaterialien usw. entstehen. (Bezüglich der hygienischen Bedeutung dieser Luftverunreinigungen s. S. 86.) — Viertens kommt es in bewohnten Räumen oft zu einem starken Staubgehalt der Luft. Eingeschleppte Erde, Staub aus der Füllung des Zwischenbodens, Fasern von der Kleidung und den Möbelstoffen, die feinsten Teilchen der Brennmaterialien und die mit der Außenluft in den Wohnraum gelangenden Staub- und Rußpartikel bilden das Material des Wohnungsstaubes, der bei den verschiedensten Hantierungen und Bewegungen der Bewohner in die Luft aufgewirbelt wird. In besonders großen Mengen wird bei manchen Gewerben Staub geliefert (s. unten). — Fünftens gesellen sich zum Luftstaub infektiöse Organismen, wenn Infektionsquellen in den Wohnraum gebracht wurden, teils in Form von ausgehusteten Tröpfchen (Influenza, Diphtherie, Pestpneumonie) oder außer in Tröpfchenform auch in Gestalt trockener Stäubchen (Phthise, Masern, Pocken usw.). In Krankensälen, in Zimmern, wo derartige Kranke sich aufhalten, ist die Luft häufig dauernd mit Infektionserregern beladen und kann leicht zu Infektionen Anlaß geben (s. S. 98).

Die Ventilation verfolgt nun den Zweck, alle diese durch die Bewohner bewirkten Veränderungen der Wohnungsluft möglichst zu beseitigen und die Räume auch für längere Zeit ohne jeden Nachteil für die Gesundheit bewohnbar zu erhalten. Sie hat daher die Aufgabe: 1) die produzierte Wärme und den Wasserdampf abzuführen und die Wärmeabgabe der Bewohner zu erleichtern; 2) den verbrauchten Sauerstoff zu ersetzen; 3) übelriechende gasige Verunreinigungen der Wohnungsluft zu entfernen; 4) Staub und 5) etwaige am Staub haftende Infektionskeime zu beseitigen. — Diese Aufgaben sucht die Ventilation zu erreichen teils durch Fortschaffung der unbrauchbar gewordenen Wohnungsluft, teils durch Zuführung frischer, reiner Außenluft; die Größe des Luftwechsels soll dabei dem Grade der Veränderung der Wohnungsluft einigermaßen angepaßt werden.

Dementsprechend ist zunächst die Frage aufzuwerfen, wie sich über den quantitativen Ventilationsbedarf eine Orientierung gewinnen läßt; sodann sind die Mittel und Wege zu bezeichnen, mit Hilfe deren das geforderte Ventilationsquantum geliefert werden kann und es sind die verschiedenen Arten von Ventilationsanlagen zu schildern; und schließlich ist zu fragen, inwieweit die praktisch ausführbaren Ventilationsanlagen den einzelnen oben aufgezählten Aufgaben gerecht werden.

A. Der quantitative Ventilationsbedarf.

Bei der Abmessung des Ventilationsbedarfs berücksichtigte man bisher nur die gasigen Verunreinigungen der Luft und als deren Indikator die CO_2, da diese am leichtesten einer Messung zugänglich ist.

Wie oben (S. 90) näher ausgeführt wurde, empfindet man bei einem Gehalt der Luft von 1·0 Promille Kohlensäure bereits eine gewisse Belästigung, vorausgesetzt, daß die CO_2 der menschlichen Atmung und der Beleuchtung entstammt, und daß übelriechende, die Kohlensäure begleitende gasige Produkte gleichzeitig und in entsprechender Menge in die Luft übergegangen sind. Demnach ist der Gehalt der Wohnungsluft an CO_2 durch die Lüftung höchstens auf 1·0 Promille CO_2, wo möglich darunter, zu halten.

Wieviel Luft nötig ist, um dies Ziel in jedem Einzelfall zu erreichen, das ist zu berechnen, sobald man diejenige Menge der Kohlensäure berücksichtigt, welche von Menschen und Beleuchtungsmaterialien in der Zeiteinheit (1 Stunde, 1 Tag usw.) produziert wird.

Ein Mensch liefert im Mittel stündlich 22·6 Liter CO_2; ein Schulkind etwa 10 Liter, eine Stearinkerze 12 Liter, eine Petroleumlampe 60 Liter, eine Gasflamme 100 Liter. Befindet sich also z. B. ein Mensch in einem Wohnraum, und werden von demselben stündlich 22·6 Liter Kohlensäure produziert, so soll sich diese Menge Kohlensäure auf ein derartiges Luftquantum = x Liter verteilen, daß der Gehalt an CO_2 nur 1:1000 beträgt. Da die zugeführte Luft bereits einen gewissen CO_2-Gehalt mitbringt, nämlich 0·3 Promille (also 0·0003 Liter in jedem Liter Luft), so lautet die Gleichung:

$$\frac{2\cdot 62 + x\,.\,0\cdot 0003}{x} = \frac{1000}{1}$$

und wir finden in dieser Weise $x = 32000$ Liter oder 32 cbm. Diese Luftmenge von 32 cbm muß also stündlich je einem Menschen zugeführt werden, falls der Kohlensäuregehalt im Wohnraum niemals über 1 Promille steigen soll.

Es ergibt sich hieraus weiter die erforderliche Größe des Wohnraumes, der sogenannte Luftkubus, für einen Menschen. Man hat nämlich die Erfahrung gemacht, daß sich die Luft eines Wohnraumes mit Hilfe der üblichen Ventilationsanlagen auf die Dauer im allgemeinen nicht mehr wie zweimal pro Stunde erneuern läßt. Daraus folgt, daß der minimale Luftraum für einen Menschen auf 16 cbm, die Hälfte des Ventilationsquantums, normiert werden muß. In den meisten Fällen leistet die Ventilation sogar noch weit weniger als

eine zweimalige Erneuerung der Zimmerluft, und dementsprechend ist der Luftkubus meist größer zu bemessen.

Neuerdings ist man indes mehr und mehr zu der Überzeugung gelangt, daß die Ermittelung des Ventilationsbedarfs auf Grund der CO_2-Werte nur für einen kleinen Teil der Aufgaben der Ventilation Geltung hat. Höchstens die Produktion belästigender Gase pflegt häufiger dem CO_2-Gehalt parallel zu gehen; dagegen ist ein Parallelismus mit der im Raum produzierten Wärme selten, und ein Parallelismus mit dem Gehalt der Luft an Staub und Infektionskeimen fast niemals vorhanden (vgl. S. 89).

Da durch die Erschwerung der Wärmeabgabe im Wohnraum viel ernstere hygienische Nachteile entstehen als durch belästigende Gase, hat RIETSCHEL mit Recht versucht, in den Fällen, wo ein Parallelismus zwischen CO_2-Gehalt und Temperatur nicht zu erwarten ist, die Wärme des Wohnraums selbst als Maßstab für den Ventilationsbedarf zu benutzen.

Im Beharrungszustand und bei gleichmäßiger Verteilung der Wärme im Raum ist der stündliche Luftwechsel in cbm, ausgedrückt in der zulässigen Temperatur t, zu berechnen nach der Formel:

$$L = \frac{W(1 + \alpha t)}{0{\cdot}309\,(t - t_1)},$$

wo t_1 die Temperatur der eingeführten kühleren Luft, W die Wärmezufuhr, α den Ausdehnungskoeffizienten der Luft bedeutet.

Bei dieser Berechnung ist freilich noch nicht die Wasserdampfansammlung berücksichtigt, welche neben CO_2 und Wärme von Menschen und Beleuchtungsflammen geliefert wird, und welche die Wärmeabgabe stark beeinflußt, außerdem auch spezifisches Unbehagen erzeugt. — Vollends gilt der aus dem CO_2-Gehalt abgeleitete Luftbedarf nicht für die Beseitigung des Staubes und der Infektionserreger. Für die wichtigsten Aufgaben der Ventilation ist demnach eine quantitative Bedarfsberechnung nur unvollkommen oder überhaupt nicht möglich.

B. Die Deckung des Ventilationsbedarfs.

1. Natürliche und künstliche Ventilation.

Die erforderlichen Luftmengen kann man zunächst durch die sogenannte natürliche, ohne unser Zutun sich vollziehende Ventilation zu beschaffen suchen. Man verläßt sich alsdann auf die stets vorhandenen natürlichen Öffnungen des Wohnzimmers, die in den Poren des Mauerwerks, des Fußbodens und der Decke, ferner in den Ritzen und Fugen der Fenster und Türen gegeben sind.

Es ist aber experimentell nachgewiesen, daß die Porenventilation sich wesentlich in vertikaler Richtung durch die Poren der Decke und des Fußbodens vollzieht, und zwar im Winter von unten nach oben; in entgegengesetzter Richtung dann, wenn das Haus kälter ist als die Außenluft. Nach Messungen mit dem Differentialmanometer (S. 347) ist an den seitlichen Wandungen der Überdruck, welcher einen Luftaustausch veranlaßt, wesentlich geringer; er nimmt vom Fußboden und von der Decke her allmählich ab gegen eine „neutrale Zone“, wo er = Null wird. Oberhalb dieser Zone findet im Winter Ausströmung, unterhalb derselben Einströmung statt. Diese Art von Luftaustausch führt also wesentlich zu einem Luftaustausch der verschiedenen Stockwerke, der in keinem Falle zu befürworten ist. — Außerdem wissen wir bei dieser Ventilation nichts Genaueres über die Herkunft der einströmenden Luft. Ferner haben wir keine Regulierung dieser Lüftung in der Hand; dieselbe zeigt sich bei Windstille und schwachen Winden völlig ungenügend, während sie sich bei Sturm unter Umständen in unangenehmster Weise fühlbar macht. Ähnlich sind die Verhältnisse der Ein- und Ausströmung durch zufällige gröbere Ritzen und Fugen in den Seitenmauern; im Winter strömt im unteren Teil die kalte Luft ein, im oberen die warme aus.

Es ist somit die natürliche Ventilation von dem Ideal einer Lüftungsanlage sehr weit entfernt. Wir müssen dieselbe so viel als möglich, insbesondere durch Dichtung der zufälligen Ritzen und Fugen, ausschalten und statt dessen versuchen, besondere, künstliche Lüftungsanlagen einzurichten; bei diesen muß

1) die Entnahmestelle bekannt sein und wir müssen Garantie für Reinheit der zugeführten Luft haben; ebenso darf die fortgeschaffte unreine Luft nicht mit Menschen in Berührung kommen;

2) müssen wir die Lage der Zufuhr- und der Abfuhröffnungen so wählen können, daß eine möglichst vollständige Durchlüftung des bewohnten Teils des Zimmers erfolgt, daß aber unter keinen Umständen eine Belästigung der Bewohner durch Zugluft eintritt;

3) muß die Ventilation quantitativ ausreichen und abstufbar sein, d. h. über hinreichend kräftige Motoren verfügen, die leicht regulierbar sind.

2. Systeme der künstlichen Lüftung.

Nach der Art der Luftentnahme unterscheidet man zwei Ventilationssysteme, die in bezug auf die Reinheit der Luftzufuhr Ungleiches leisten; nämlich das Aspirationssystem und das Pulsionssystem.

Bei ersterem besorgt der Motor die Abströmung der Luft, befindet sich jenseits des von dem Luftstrom zu ventilierenden Raumes. Bei der Pulsion besorgt der Motor die Zuströmung und befindet sich — in der Richtung des Luftstroms — vor dem zu ventilierenden Raum.

Die Pulsion ist insofern vorzuziehen, als man bei dieser gerade die Entnahmestelle der Luft besonders ins Auge faßt und also auf ein Eindringen frischer, reiner Luft in erster Linie achtet. Um die abströmende Luft kümmert man sich dabei oft nicht. — Bei der Aspiration weist man der abströmenden Luft zwar besondere Wege an, achtet aber weniger darauf, woher und auf welchen Wegen die Luft dem Wohnraum zuströmt. Der Pulsion in bezug auf die Qualität der zugeführten Luft gleichwertig wird die Aspiration dadurch, daß man außer den Abfuhrkanälen noch besondere, weite und wenig Widerstände bietende Zufuhrkanäle von einer bestimmten tadellosen Stelle aus anlegt, welche eine Luftzufuhr durch alle engeren, zufällig vorhandenen Öffnungen ausschließt.

Pulsion ist offenbar in den Fällen völlig unangebracht, wo es sich darum handelt, inmitten größerer Gebäude einzelne Räume zu ventilieren, in denen üble Gerüche, Staub, Infektionserreger in die Luft übergehen (Klosetts, Räume mit übelriechenden Kranken, Sektionssäle usw.). Ein Pulsionssystem würde hier die üblen Gerüche usw. in die übrigen Teile des Hauses verbreiten. Hier ist vielmehr lediglich Aspiration indiziert; und zwar soll die Absaugung stets möglichst nahe der Stelle angebracht werden, wo sich der üble Geruch entwickelt, und dieser soll auf kürzestem Wege und ohne mit anderen Menschen in Berührung zu kommen, wo möglich über Dach ins Freie geführt werden. — Nicht selten kombiniert man beide Systeme und erzielt damit die besten Wirkungen.

3. Anordnung der Ventilationsöffnungen.

Die Frage, wo die Ventilationsöffnungen im Zimmer angebracht werden sollen, ist nicht für jeden Fall in gleicher Weise zu entscheiden. — Für gewöhnlich ist das untere Drittel des Zimmers, das eigentlich bewohnt wird, zu ventilieren, und man könnte es daher wohl für das richtigste halten, in diesem unteren Drittel die Einströmungsöffnungen, und oben oder unten die Abströmungsöffnungen anzubringen. Diese Anordnung ist jedoch nur dann zulässig, wenn die Außenluft, wie dies im Hochsommer der Fall ist, ungefähr die gleiche Temperatur hat, wie die Zimmerluft („Sommerventilation“, Fig. 69b). Andernfalls ist stets mit dieser Anordnung eine zu lästige Zugempfindung verbunden.

Während des größeren Teils des Jahres sind daher die Zufuhröffnungen unbedingt über Kopfhöhe anzulegen und auch dann ist dem Luftstrom zunächst eine Richtung nach oben zu geben. Von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken, das bewohnte untere Drittel des Zimmers durchströmen, und ist dann unten abzuführen, und zwar durch über Dach gehende Kamine entweder mit besonderen größeren Öffnungen im Zimmer oder mit offenen Sammelkanälen, die mit Hilfe von Holzpanelen u. dgl. am Fuße der kältesten Wände angelegt werden („Winterventilation", Fig. 69 a). Diese Anordnung ist sowohl für Pulsions- wie für Aspirationsanlagen einzuhalten.

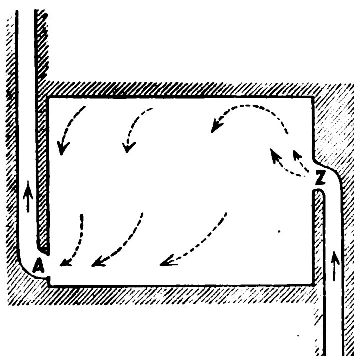


Fig. 69 a. Winterventilation. Z Zufuhr-, A Abfuhrkanal.

Unter Umständen kommt es allerdings vor, daß bei vorübergehend ungenügender Ventilation (wenn ausnahmsweise zahlreiche Menschen sich in dem Zimmer versammeln usw.) Wärme, Tabaksrauch usw. im oberen Teile des Zimmers sich häufen. In diesem Fall ist das Zimmer zweckmäßig zeitweise so zu ventilieren, daß seine obere, nahe

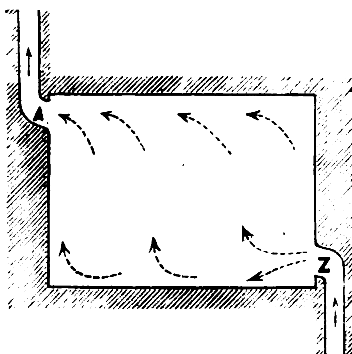


Fig. 69 b. Sommerventilation.

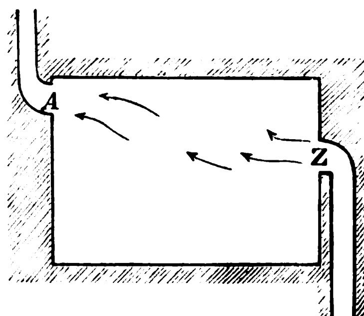


Fig. 69 c. Vorübergehende Ventilation.

der Decke gelegene Abströmungsöffnung benutzt wird, während die Einströmung wie bisher (über Kopfhöhe) bleibt (Fig. 69 c). Für die Dauer ist diese Anordnung jedoch nicht beizubehalten, weil dabei das untere Drittel des Zimmers verhältnismäßig unberücksichtigt bleibt.

Eine andere Anordnung ist ferner dann nötig, wenn unter der Decke starke Wärmequellen, z. B. Gaskronleuchter usw. angebracht sind,

die ein kräftiges Aufsteigen der verdorbenen Luft bewirken. Die Abströmung ist dann oben, die Einströmung im unteren Teil des Zimmers anzubringen, wie bei der Sommerventilation. In diesem Falle ist aber die Einströmungsluft sorgfältig zu temperieren oder, wenn sie kalt oder stark erwärmt einströmt, muß gleichzeitig eine energische Verteilung der eindringenden Luft auf viele kleine Öffnungen (Porenventilation) vorgesehen werden, um lästige Empfindungen zu vermeiden.

4. Motoren.

Die jeweilige quantitative Leistung und die Regulierfähigkeit der Ventilationsanlage ist von der Art des angewendeten Motors abhängig.

Als Motoren stehen uns zur Verfügung: a) der Wind, b) Temperaturdifferenzen, c) maschineller Betrieb.

a) Der Wind. Derselbe muß bei jeder Ventilationsanlage berücksichtigt werden, weil er dieselbe andernfalls leicht ungünstig beeinflussen kann. Statt dessen sucht man den Wind so viel als möglich zur Unterstützung der Anlage heranzuziehen. Sich auf den Wind als ausschließlichen Motor zu verlassen, ist nicht zulässig, weil Richtung und Stärke des Windes zu großen Schwankungen unterliegen. In einer gewissen Höhe über dem Boden haben wir allerdings selten völlige Windstille, aber gerade an heißen schwülen Tagen versagt diese Wirkung gänzlich, und die Differenzen der Windstärke sind so groß, daß sie eine fortgesetzte Regulierung der Anlage nötig machen.

Die Unterstützung der Anlage durch Wind wird entweder in der Weise arrangiert, daß man denselben über Dach aspirierend auf die Luft der Abfuhrkanäle wirken läßt, und daß man Einrichtungen trifft, mittels welcher diese Aspiration bei jeder Windrichtung ausgeübt wird. Dies wird erreicht durch die Schornsteinaufsätze oder „Saugkappen“. Die Wirkung derselben stützt sich auf die experimentell begründete Erfahrung, daß jeder Luftstrom infolge der Reibung die nächtsgelegenen Luftteilchen mit sich fortreißt und hierdurch in seiner Umgebung eine Luftverdünnung veranlaßt, die zu weiterem Zuströmen der umgebenden Luft den Antrieb gibt; wird z. B. ein Luftstrom gegen eine Fläche oder gegen einen Zylinder geblasen, so wird er nicht etwa reflektiert, sondern die Luft breitet sich über die ganze Fläche aus und fließt an den Rändern in derselben Richtung weiter, erzeugt dabei aber an der entgegengesetzten Seite eine kräftige Luftverdünnung. Auf dieses Prinzip sind z. B. die Sauger von Wolpert, Grove u. a. (s. Fig. 70) gegründet, bei welchen der Wind bei jeder Richtung ge-

zwungen wird, in einem schräg von unten nach oben gerichteten Strome über die Öffnung des Abfuhrkanals hinwegzustreichen. Fortwährend wird dann Luft aus dem Kanal aspiriert. Durch eine horizontale Deckelplatte gewähren diese Aufsätze außerdem Schutz gegen Einfall von Regen. — Oder man benutzt Zylinder, die oben rechtwinklig gekrümmt sind, und dort eine trompeten-

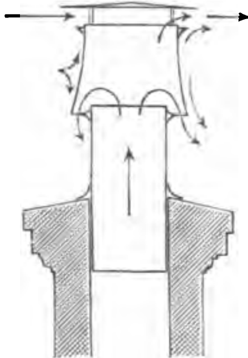


Fig. 70. WOLPERTS Schornsteinaufsatz.

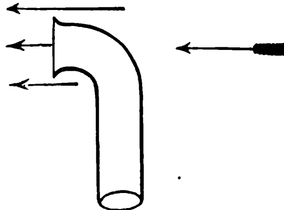


Fig. 71a. Aspirationsaufsatz.

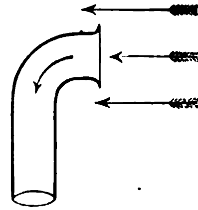


Fig. 71b. Preßkopf.

artige Öffnung haben (s. Fig. 71a). Oberhalb der Öffnung ist eine Windfahne angebracht, und der Zylinder ist auf dem Schlot drehbar. Der Aufsatz stellt sich dann immer so, daß die Öffnung vom Winde abgewandt ist, und dieser stets aspirierend wirkt.

Hierher gehört auch die sogenannte Firstventilation, die vielfach bei Krankenbaracken, ferner bei Eisenbahnwagen usw. angewendet wird. Über dem offenen Dachfirst wird in einem gewissen Abstand ein derartiger Aufsatz angebracht und der Zwischenraum zwischen diesem und dem Dach mit stellbaren Jalousien ausgefüllt. Durch entsprechende Stellung der letzteren kann es erreicht werden, daß der Wind in jedem Falle von unten nach oben über den offenen Dachfirst wegstreicht und hier aspirierend auf die Luft des Innenraums wirkt.

Bei allen diesen Aspirationswirkungen des Windes muß natürlich vorausgesetzt werden, daß besondere Zufuhrkanäle für die Luft vorhanden sind, da andernfalls unreine Luft aus beliebigen anderen Räumen (Klosetts, Küchen) in die zu ventilierenden Zimmer eingeführt wird!

Will man an den Fenstern des zu ventilierenden Raumes Öffnungen anbringen, durch die der Wind wirken soll, so macht man am besten die oberen Fensterscheiben um eine horizontale Achse drehbar, so daß die Scheibe nach innen klappt. Je nach Bedarf kann man dann eine größere oder kleinere Öffnung herstellen, und der



Fig. 72. SHERINGHAMsche Lüftungsklappe.

eindringende Luftstrom wird auf der schrägen Fensterfläche zunächst nach oben dirigiert. Durch Schutzbleche ist das seitliche Ausströmen der Luft zu verhindern (Sheringhamsche Lüftungsklappe, Fig. 72). Läßt man die Schutzbleche fort, so entsteht ein direktes Herunterströmen der kalten Luft, so daß die in der Nähe Sitzenden oder Liegenden stark belästigt und geschädigt werden.

Vielfach werden einfache Öffnungen in einer der Außenwände nahe der Decke angebracht und mit irgendwelchen Zieraten oder auch mit rotierenden Rädchen versehen, um eine möglichste Verteilung der eindringenden Luft zu bewirken. Selbstverständlich ist nicht daran zu denken, daß die rotierenden Rädchen eine Verstärkung des Luftstromes bewirken. Sie werden im Gegenteil durch die in das Zimmer eindringende Luft bewegt und wirken also nur hemmend und schwächend auf die Ventilation.

Wohl zu bedenken ist, daß es bei jeder Fensterventilation ganz von der zufällig vorhandenen Richtung und Stärke des Windes abhängt, ob Pulsion oder Aspiration zustande kommt und in welchem Maße. Häufiger, namentlich im Winter, erfolgt Einstrom; dann wird die Zimmerluft oft in unzulässiger Weise ins Haus getrieben; und bei Aspiration kann unreine Luft nachströmen.

Soll in jedem Falle Einstrom durch den Wind erfolgen, so wendet man Preßköpfe an, durch welche z. B. auf Schiffen frische Luft in die unteren Räume (namentlich in den Maschinenraum) eingepreßt wird; dieselben sind ebenso geformt wie die aspirierend wirkenden zylindrischen Aufsätze (Fig. 71 b), nur daß die Öffnung hier dem Wind stets entgegengerichtet wird. Mit Preßköpfen anderer Konstruktion werden die Einströmungsöffnungen für Pulsionsanlagen versehen.

b) Temperaturdifferenzen. Sobald Luft erwärmt wird, dehnt sie sich aus und wird spezifisch leichter. Da die entstehenden Gewichtsdifferenzen sehr bedeutend sind, so kommen starke Gleichgewichtsstörungen und bedeutende Überdrücke zustande. Diesen entsprechend findet dann eine Bewegung der Luft statt, welche sich dauernd erhält, solange die Temperaturdifferenz vorhanden ist. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist von der Größe der Temperaturdifferenz $t - t'$, von der Höhe der Luftsäule h und von der Fallbeschleunigung ($g = 9 \cdot 81$) abhängig und berechnet sich im Einzelfalle (abgesehen von der Reibung) nach der Gleichung:

$$v = \sqrt{\frac{2\,h\,g\,.\,(t - t')}{273 + t}}.$$

Die Temperaturdifferenzen kommen bei Ventilationsanlagen zur Anwendung erstens durch Vermittelung der Öfen. Man vermeidet die Aspiration durch beliebige zufällige Eintrittsöffnungen, und ver-

bindet vielmehr den Ofen mit einem bestimmten Zufuhrkanal, so daß eine Art Pulsionssystem entsteht. An der äußeren Hausseite legt man die (event. mit Zieraten versehene) Einströmungsöffnung des Kanals an. Dort wird event. ein Preßkopf und ein Insektenfilter angebracht. Von da aus wird dann der Kanal im Zwischenboden hin- und schließlich in den Mantelraum geführt, wenn ein Mantelregulierfüllofen vorliegt; bei gewöhnlichen Öfen ohne Mantel läßt man den Kanal hinter dem Ofen etwa einen Meter über dem Boden offen enden. Der starke Auftrieb leitet dann die Luft zunächst gegen die Decke hin, und von da senkt sie sich allmählich nach abwärts. Ein Schieber dient zur Regulierung des Querschnittes des Kanals. Die eingeströmte Luft kann man entweder durch beliebige Öffnungen den Austritt suchen lassen, oder man richtet besondere Abfuhrkanäle (Öffnungen nahe dem Fußboden) her, die über Dach mit Aspirationsaufsätzen versehen werden.

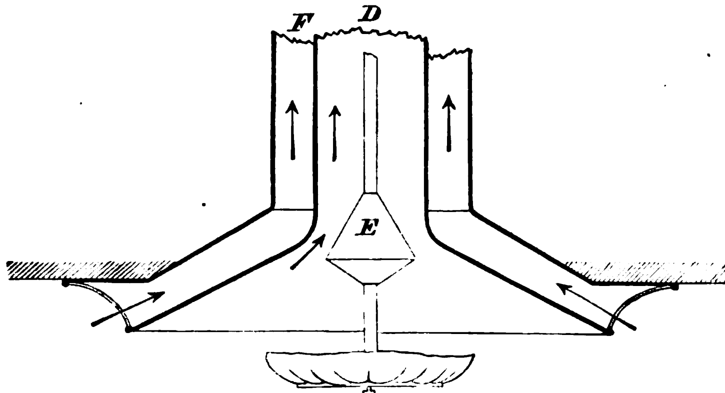


Fig. 73. Sonnenbrenner.
D Abfuhr der Verbrennungsgase. *F* Äußerer Kanal. *E* Schieber, durch welchen der Querschnitt von *D* regulierbar ist.

Ein ähnliches, einfaches Arrangement läßt sich auch bei Kachelöfen in der Weise treffen, daß der Zwischenraum zwischen Ofen und Wand an den beiden Seiten mit einer einfachen Mauer geschlossen wird, nachdem vorher die Zimmerwand in ihrem unteren Teile eine Öffnung nach außen erhalten hat. Die durch diese Öffnungen eintretende Luft strömt dann hinter dem Ofen nach aufwärts und über den Ofen weg ins Zimmer. Die Anlage ist jedoch nicht so gut regulierbar und nicht so leicht zu reinigen wie die zuerst beschriebene. — Über die Ventilation mittels Luftheizung, Dampfheizung usw. s. unter „Heizung“.

Selbstverständlich funktionieren die auf der Ofenwärme basierenden Lüftungsanlagen (auch die Luftheizungen) nur so lange die Öfen geheizt werden. Im Sommer hört die als Motor dienende Temperaturdifferenz und damit jede Luftbewegung auf. Es kann dann höchstens der Wind durch die saugende Wirkung an den Aspirationsschloten, oder aber mit Hilfe geöffneter

Fenster wirken. Das ist jedoch eine unzuverlässige, oft versagende und namentlich für die mäßig warme Übergangszeit lästige Art der Ventilation.

Besser ist es daher, auch für den Sommer einen besonderen Motor zu schaffen. Man erhält denselben z. B. durch einen eigens zu diesem Zwecke geheizten Kamin, dessen Rauchrohr man neben den Ventilationsschornstein legt, beide nur getrennt durch eine gußeiserne Platte; oder man führt den eisernen Rauchkamin in der Mitte eines größeren gemauerten Schornsteins in die Höhe und läßt in dem stets warmen Zwischenraum zwischen beiden die Abfuhröffnungen münden (vergl. Fig. 64, Luftheizungsschema).

Sind keine Feuerungen für die Ventilation benutzbar, so können durch Gasflammen die nötigen Temperaturdifferenzen hergestellt werden. Man läßt dieselben in dem Abfuhrkanal brennen und wählt kräftig hitzende Flammen, am besten Bunsenbrenner. Dieselben fördern stündlich 120—150 cbm Luft bei einem Verbrauch von 200 Liter Gas und für den Preis von 2—3 Pf.

Bei größeren Anlagen konstruiert man ganze Kränze von Bunsenbrennern oder wählt sogenannte Sonnenbrenner (s. Fig. 73) zur Beleuchtung. Bei letzteren ist ein Rohr, welches die Verbrennungsgase abführt und durch dieselben stark erwärmt wird, von einem weiteren unten offenen Rohr umgeben, in welches die Zimmerluft kräftig aspiriert wird.

Alle die vorbeschriebenen Anlagen beruhen auf Aspiration. Sie sind daher nur zulässig, wenn gleichzeitig bestimmte weite Zufuhrwege gegeben sind, z. B. herabklappbare Fensterscheiben oder Fensterjalousien oder aber besonders angelegte zum Ofen resp. zum Calorifer führende Kanäle. Stets sind Klappen oder Schieber zur Regulierung anzubringen.

c) Maschinenbetrieb. Derselbe bietet besondere Vorteile, weil die Maschinen die empfindlichste Regulierung gestatten. Dieselben sind jetzt in jeder Größe und schon zu den billigsten Preisen zu haben. — Früher benutzte man für einfache Anlagen besonders Wasserbetrieb.

Entweder wählte man Turbinenradventilatoren: in denselben bewegt der Wasserstrahl ein Flügelrad; auf der gleichen Welle sitzt ein zweites größeres Turbinenrad, das sich in einem Luftkanal befindet und bei seinen Umdrehungen die Luft vordrückt. Je nachdem man das Wasser von rechts oder von links einströmen läßt, bekommt man an der gleichen Öffnung Pulsion oder Aspiration (Kosmosventilatoren, Zentrifugalventilatoren u. a. m.). — Oder man benutzte sogenannte Wasserstrahlventilatoren (Viktoriaventilator), bei welchen ein kräftiger Wasserstrahl, der durch ein feines Sieb hindurchgeht und sich dann in einem engen Zylinder ausbreitet, große Mengen von Luft mitreißt. Im Durchschnitt fördern diese Ventilatoren mit einem Wasserverbrauch von 100 Liter pro Stunde (also für den Preis von 1—2 Pf.) 30—40 cbm Luft; die meisten arbeiten allerdings nicht ohne Geräusch.

Neuerdings sind da, wo elektrischer Strom zur Verfügung steht, elektrisch betriebene Ventilatoren sowohl für kleinere wie für größere Anlagen am besten geeignet und relativ billig. Für größere

Flügel- oder Schraubenventilatoren werden auch Gasmotoren oder Dampfmaschinen verwendet.

Die Flügelventilatoren bestehen aus einem geschlossenen Gehäuse, in welchem eine Welle mit Flügeln liegt. Die Luft im Gehäuse wird durch Wirkung der Zentrifugalkraft an der Peripherie verdichtet, im Zentrum ausgedehnt; an der Peripherie liegt die Ausblasöffnung, in der Nähe der Welle die Einströmungsöffnung. — Schraubenventilatoren bestehen aus einem offenen eisernen Zylinder, in dessen Achse eine Welle liegt, welche senkrecht mehrere schraubenförmig gewundene Flügel trägt. Durch Drehung der Welle wird eine Verdichtung der Luft hinter derselben, eine Ausdehnung vor der Welle bewirkt und dadurch eine Bewegung eingeleitet.

Auch Dampfstrahlventilatoren werden neuerdings benutzt, bei welchen der Dampf aus einer engeren in eine weitere Düse eintritt und dadurch in letzterer eine Luftverdünnung erzeugt, durch welche Luft angesaugt und fortgerissen wird. Ähnlich wirkt ein Strom komprimierter Luft, der durch starke mit Luft betriebene Luftkompressionspumpen erzeugt wird. Die letztgenannten Anlagen sind jedoch mit starkem Geräusch verbunden und daher nur für Arbeitsräume in Fabriken usw. verwendbar.

C. Prüfung der Ventilationsanlagen.

Für eine genauere Beurteilung der quantitativen Leistungsfähigkeit einer Anlage ist es erforderlich, die zu- oder abgeführte Luftmenge zu ermitteln und die mögliche Steigerung der Luftzufuhr oder -abfuhr festzustellen.

Erfolgt die Ventilation durch eigene Luftkanäle, so benutzt man zur Messung folgende Methoden, auf welche sich der Untersucher besonders einüben muß und die daher hier nur angedeutet werden:

1. Differentialmanometer. Dieselben messen direkt den Überdruck der Außen- resp. Innenluft. Da es sich um sehr kleine Überdrücke handelt, ist der eine Schenkel des Manometers kein vertikal aufsteigendes Rohr, sondern derselbe liegt nahezu horizontal, mit ganz geringer Steigung; ferner wird zur Füllung Petroleum benutzt, das spezifisch leicht ist und sich ohne Widerstand in feinen Glasröhren bewegt. Führt man ein besonders konstruiertes Ansatzrohr in den zu untersuchenden Luftstrom, so läßt sich aus den Angaben des Manometers die Ventilationsgröße mittels einfacher Formeln berechnen.

2. Anemometer, s. S. 26. Nach genauer Eichung der Instrumente werden bei Aspirationsanlagen in der Abströmungsöffnung, bei Pulsionsanlagen in der Zuströmungsöffnung zahlreiche Messungen vorgenommen, jede von mindestens 2—3 Minuten Dauer, und aus ihnen das Mittel gezogen. Eine Reihe von Bestimmungen ist in der Mitte, eine zweite in der äußersten Peripherie und eine dritte zwischen Mitte und Peripherie der Öffnung zu machen. Die gefundene mittlere Geschwindigkeit des Luftstroms in der betreffenden Öffnung multipliziert mit dem Querschnitt derselben ergibt das geförderte Luftquantum.

Erfolgt die Ventilation teilweise oder ausschließlich durch natürliche Öffnungen (Ritzen, Poren), so läßt sich die Größe des Luftwechsels durch Kohlensäurebestimmung ermitteln.

Man läßt durch Brennen von Kerzen oder durch die Atmung zahlreicher Menschen (Schulkinder) in dem zu untersuchenden Raum einen hohen CO_2-Gehalt herstellen, sodann sistiert man die weitere CO_2-Produktion, indem man die Lichter auslöscht oder die Menschen hinausgehen läßt, bestimmt den CO_2-Gehalt der Zimmerluft und überläßt nunmehr eine Stunde lang das Zimmer sich selbst; dann wiederholt man die CO_2-Bestimmung, findet jetzt eine gewisse Abnahme des Gehalts und berechnet aus der Intensität der Abnahme die Luftmenge, welche inzwischen von außen in das Zimmer eingetreten ist.

Außer der quantitativen Gesammtleistung ist noch die Verteilung und Richtung des Luftstromes festzustellen. Ferner ist auf Zugluft zu prüfen.

Letztere ermittelt man entweder durch das Gefühl am entblößten Kopf oder Hals bei ruhigem längerem Sitzen an der zu prüfenden Stelle. Bei kalter Außenluft erweckt bei den meisten Menschen ein Strom von 5 cm Geschwindigkeit pro Sek., bei Luft von 15° ein solcher von 10 cm deutliche Zugempfindung in der Nähe des Auges. — Oder man kann kleinste Paraffinkerzen (Weihnachtslichter) mit möglichst dünnem Docht zur Prüfung benutzen, die noch eine Ablenkung der Flamme ungefähr bei der angegebenen Grenzgeschwindigkeit erkennen lassen; die gewöhnlichen Anemometer sind für diese Messungen zu unempfindlich.

D. Leistung der Ventilationsanlagen.

Die Eingangs aufgezählten Aufgaben der Ventilation werden durch die beschriebenen Einrichtungen in sehr verschiedenem Grade gelöst.

1. Für die Entwärmung, von welcher — wie oben bereits hervorgehoben — in erster Linie das Befinden und Behagen der im geschlossenen Raum befindlichen Menschen abhängt, vermag die Ventilation Erhebliches zu leisten; einströmende bewegte kühlere Luft vermag die Wärmeabgabe durch Leitung zu befördern und die Ansammlung von Wasserdampf in der nächsten Umgebung der Menschen zu verhüten. Ein kräftiger Ventilationsstrom „erfrischt" daher außerordentlich. Jedoch werden solche Ströme von ruhig sitzenden oder liegenden Menschen leicht als Zug empfunden und sind daher in vielen Fällen, namentlich in Schulen und Krankenhäusern, nicht zulässig. — Unbedenklich kann hier dagegen Zirkulation der im Raume befindlichen Luft ohne Luftzufuhr von außen Verwendung finden. Durch diese wird gleichfalls eine sehr erhebliche Erleichterung der Wärmeabgabe erreicht, zumal man der zirkulierenden Luft größere Geschwindigkeit geben kann, ohne Störungen hervorzurufen. Auf die ungünstigere chemische Beschaffenheit der Innenluft kommt dabei nur wenig an. — Relativ machtlos ist die Ventilation gegenüber starken Wärmequellen, z. B. gegenüber den im Sommer durch Insolation stark erwärmten Häuswänden und den dadurch bedingten hohen Wohnungstemperaturen. Es bedarf alsdann außerordentlich großer Mengen event. künstlich gekühlter Luft,

die höchstens durch Maschinenventilation oder durch dauernde Öffnung ganzer Fensterflügel beschafft werden kann.

2. Die Restitution des Sauerstoffs erfolgt selbst bei im übrigen ungenügender Ventilation in ausreichender Weise.

3. Eine Entfernung der gasigen übelriechenden und belästigenden Beimengungen der Luft ist durch ein entsprechendes Luftquantum und zweckmäßige Richtung (Aspiration!) und Verteilung des Luftstroms relativ leicht zu erreichen.

Indessen wird eine abnorm reichliche Produktion gasiger Verunreinigungen durch eine innerhalb der üblichen Grenzen gehaltene Ventilation nicht mehr zu beseitigen sein. Alsdann muß versucht werden, die Produktion der Verunreinigungen entsprechend einzuschränken. Befinden sich faulende Stoffe oder sonstige übelriechende Massen in einem Wohnraum, so soll man gar nicht versuchen, die Luft trotzdem durch Ventilation rein zu halten, sondern die Quellen der Luftverderbnis entfernen. — Es ist dies eine Regel, welche aus finanziellen Gründen für alle Fälle, nicht nur für die extremen, Gültigkeit beansprucht. So viel als möglich sollte stets die Produktion der Luftverunreinigung verhindert und erst der unvermeidlich bleibende Rest durch Lüftung beseitigt werden. Dementsprechend hat man mit Fug und Recht in neuerer Zeit mehrfach den Versuch gemacht, die schlechte Luft in Schulstuben, Kasernen usw. in erster Linie dadurch zu bessern, daß die Kinder resp. Soldaten in regelmäßigen Zwischenräumen Bäder erhalten, daß gleichzeitig auf möglichste Reinlichkeit der Kleidung gesehen wird, und daß die Mäntel außerhalb des Wohnraumes zurückbleiben. Die Erfahrung hat gelehrt, daß bei Einhaltung dieser Vorschriften eine relativ geringe Ventilation genügt, um eine nicht belästigende Luft herzustellen, nachdem vorher die kostspieligsten Ventilationsanlagen insuffizient waren. In solcher Luft darf auch die übliche Grenze des CO_2-Gehalts anstandslos überschritten werden, weil dann eben der gewöhnliche Parallelismus zwischen riechenden Gasen und CO_2 gestört ist.

4. Zur Entfernung des Staubes aus der Luft eines Wohnraumes bedarf es eines Ventilationsstromes von bedeutender Stärke. Während für den Transport feinster Staubpartikel allerdings schon Luftströme von 0·2 mm ausreichen, wird die aus gröberen Teilen bestehende Hauptmasse des Luftstaubes erst durch Luftströme von mehr als 0·2 m Geschwindigkeit fortgeführt; mineralischer Staub erfordert noch stärkere Ströme. Nun beträgt aber die Geschwindigkeit der Ventilationsluft an den Ein- und Austrittsöffnungen zwar $^1/_2$—1 m pro Sekunde, im Innern des Zimmers dagegen $^1/_{1000}$ m und weniger. Es können

also lediglich aus der nächsten Umgebung der Abströmungsöffnungen gröbere Staubteilchen fortgeführt werden, während im größten Teil des Zimmers höchstens ein längeres Schwebenbleiben und langsameres Absetzen derselben erfolgt.

Ist daher z. B. in Fabrikräumen eine Entfernung des in Massen produzierten Staubes erforderlich, so kann dies nur dadurch geschehen, daß die Abströmungsöffnung in unmittelbarste Nähe der Staubquelle gebracht wird. Sobald der Staub erst im Zimmer verteilt ist, sind zur Beseitigung Ventilationsströme von solcher Intensität erforderlich, daß sie erhebliche Belästigung für die Bewohner und eventuell Gesundheitsstörungen mit sich bringen würden.

Handelt es sich um einen momentan nicht bewohnten Raum, so läßt sich die Luft durch starken Zug und bei großen Öffnungen und Gegenöffnungen von Staub ziemlich vollständig befreien. In den Ecken des Zimmers, unter und hinter den Möbeln bleiben jedoch stets größere Mengen Staub zurück und bei genauerer Besichtigung erkennt man, daß auch die dem Zuge exponierte Fläche des Fußbodens, der Möbel usw. nicht vom Staub befreit sind. Von diesen Stellen aus findet dann auch immer wieder ein erneuter Übergang von Staub in die Luft statt. — Eine Beseitigung auch des an Möbeln, Teppichen usw. haftenden Staubes kann nur dadurch erfolgen, daß die Einströmungsöffnung eines kräftigen Saugapparates in unmittelbare Berührung mit den staubhaltigen Flächen gebracht wird (Vakuumreiniger).

5. Die in der Luft eines Wohnraumes oder Krankenzimmers schwebenden Infektionskeime zeigen gegenüber den Ventilationsanlagen ungefähr das gleiche Verhalten, wie die Tröpfchen und Staubpartikelchen, an denen sie haften. Es finden sich darunter sehr feine, die durch die üblichen Ventilationsströme bereits fortgeschafft werden können. Ein einwandfreies Fortschaffen gelingt aber keineswegs durch jede Art von Ventilation, z. B. Öffnen beliebiger Fenster, sondern man muß sicher sein, daß die Keime in einen Aspirationsstrom gelangen, der sie aus dem Bereich der Menschen herausbringt. — Ein großer Teil jener Keime befindet sich aber stets in Form von gröberen Tröpfchen und Stäubchen. Direkte Versuche mit solchem Staub haben ergeben, daß selbst eine Ventilation, bei welcher der Luftraum des Zimmers viermal pro Stunde erneuert wird, doch nicht imstande ist, eine wesentlich schnellere Verminderung der in der Luft suspendierten Keime herbeizuführen, als beim Fehlen jeder Ventilation. In ruhiger Zimmerluft setzen sich die Keime allmählich innerhalb 1—2 Stunden zu Boden; bei Ventilation von der üblichen Stärke wird ein sehr kleiner Teil eventuell fortgeführt, dafür wird das Niedersinken anderer Keime verzögert, so daß der Gehalt der Luft ungefähr ebenso ist wie

bei völlig ruhiger Luft. Werden fortdauernd Keime durch Bewegungen und Hantierungen abgelöst und in die Luft übergeführt, wie dies im Krankenzimmer immer geschieht, so wird durch die Ventilation, die dauernd höchstens 1—$1^1/_2$ malige Erneuerung der Zimmerluft pro Stunde zu leisten pflegt, keine nennenswerte Verminderung der Luftkeime erzielt.

Läßt man auf einen unbewohnten Raum kräftigen Zug wirken, so wird die Luft bald keimfrei. Dagegen vermögen nachweislich selbst die stärksten Ströme (30 malige Erneuerung der Zimmerluft pro Stunde und mehr) nicht die auf den Begrenzungen des Raumes, Möbeln, Kleidern usw. in Tröpfchen- und Stäubchenform abgesetzten Keime fortzuführen. Nur wenn kräftige mechanische Erschütterungen (Klopfen, Bürsten) hinzukommen, kann ein Teil der so losgelösten Keime von kräftigen Luftströmen weiter getragen werden.

Eine Desinfektion von Wohnräumen, Kleidern oder sonstigen Utensilien durch Lüftung ist daher durchaus unzuverlässig; selbst die Befreiung der Luft eines infizierten Zimmers von Keimen ist in solchem Falle bedeutungslos, weil sehr bald wieder durch Hantierungen ein Teil der an den Flächen haftengebliebenen Keime in die Luft übergeht. — Will man aber Kleider und Möbel dadurch keimfrei machen, daß man sie in einem Luftstrom klopft und bürstet, so kann damit allerdings eine wesentliche Verringerung der haftenden Keime erzielt werden, wenn auch nicht eine völlige Beseitigung; aber man wird unfehlbar die betreffenden Arbeiter der Infektion exponieren, und in einer städtischen Wohnung wird es kaum möglich sein, einen Ort zu finden, wo diese Prozedur ohne Gefahr für die weitere Umgebung ausgeführt werden kann.

Die vielfach herrschende Ansicht, daß unsere jetzigen Ventilationsanlagen imstande und dazu bestimmt seien, die Luft der Wohnräume von Infektionserregern frei zu halten, ist demnach nicht als richtig anzuerkennen. Vielmehr besteht die bis jetzt lösbare Aufgabe der Ventilation fast ausschließlich in der Reinhaltung der Luft von gasigen Beimengungen und in der Beseitigung übermäßiger Wärme.

Literatur: Rietschel, Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Aufl., Berlin 1902. — Lüftung und Heizung von Schulen, 1886. — Recknagel, Sitzungsber. der Münch. Akad. d. Wiss. 1879. — Viert. f. öff. Ges. 1884. — Fanderlik, Schmidt, s. unter „Heizung". — Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, 3. Aufl. — Stern, Über den Einfluß der Ventilation auf in der Luft suspendierte Mikroorganismen. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 7, S. 44. — Flügge, ebenda, Bd. 24. — Vgl. auch die S. 90 zit. Literatur.

VI. Beleuchtung.

Die Beleuchtung des Wohnraumes erfolgt entweder durch Tageslicht oder durch künstliche Beleuchtung.

A. Tageslicht.

Der Einfluß des Tageslichts auf das Wohlbefinden und die Stimmung des Menschen, sowie die Wirkung des Lichts gegenüber den Bakterien sind bereits oben (S. 57) erörtert. Hier interessiert uns außerdem noch der im Freien nicht in Betracht kommende Fall, daß das Sehorgan durch eine zu geringe Lichtmenge oder ungünstige Lichtqualität beeinträchtigt wird.

Vielfache Proben haben ergeben, daß für Lesen, Schreiben und zahlreiche andere die Augen anstrengende Beschäftigungen eine Helligkeit des Arbeitsplatzes erforderlich ist, die 10 Meterkerzen, gemessen für rote Strahlen, entspricht. Unter einer Meterkerze versteht man dabei diejenige Helligkeit, welche durch eine Normalkerze (Paraffin- oder Stearinkerze von 22 mm Durchmesser und 50 mm Flammenhöhe oder besser eine Amylacetatflamme von 22 mm Höhe) auf einer 1 Meter entfernten Fläche hervorgerufen wird. Der Vergleich der Helligkeit eines Platzes mit einer bekannten, künstlich hergestellten Helligkeit geschieht nur in einem bestimmten Teil der Strahlen, z. B. im Rot. weil Licht aus verschiedenen Lichtquellen — z. B. Tageslicht und Kerzenlicht — zu differente Farbe haben, um exakt in bezug auf Helligkeit vergleichbar zu sein. Das unten beschriebene Webersche Photometer ermöglicht es, von der in Rot gefundenen Helligkeit auf die Helligkeit des weißen Tageslichts umzurechnen. Im allgemeinen entsprechen 10 Meterkerzen Helligkeit in Rot ungefähr 25 Meterkerzen Helligkeit im Tageslicht.

Um nun diese Helligkeit von 10 Meterkerzen in Rot auf einem von Tageslicht beleuchteten Arbeitsplatz herzustellen, kann die Zufuhr von direktem Himmelslicht kaum entbehrt werden. Eine solche ist aber in städtischen Wohngebäuden vielfach gar nicht oder in ganz ungenügender Weise vorhanden. Bei engen Straßen und hohen Häusern bekommen insbesondere die Parterreräume gar kein direktes Himmelslicht. Auch wenn der Forderung $b = h$ (s. S. 291) genügt ist, werden nur die nahe am Fenster befindlichen Plätze von Himmelslicht getroffen und der größte Teil des Zimmers bleibt im Halbdunkel (vergl. Fig. 74).

Unter Umständen kann zwar ein Zimmer durch erhebliche Mengen reflektierten Lichts erhellt werden, das entweder von den hell-

gestrichenen Mauern der gegenüberliegenden Häuser oder von den hellen Wänden und der Decke des Zimmers zurückgeworfen wird. Diese Zufuhr ist aber sehr wechselnd und stets unsicher; scheint die Sonne und sind die Anstriche frisch, so kann der Betrag sehr groß ausfallen; an trüben Tagen, bei anderer Stellung der Sonne und bei allmählich dunkler gewordenen Anstrichen versagt aber diese Lichtquelle ganz. In Schulen und für Plätze, an denen dauernd feine Arbeiten verrichtet werden sollen, darf man sich daher nie auf das reflektierte Licht verlassen, sondern man wird dieses höchstens als

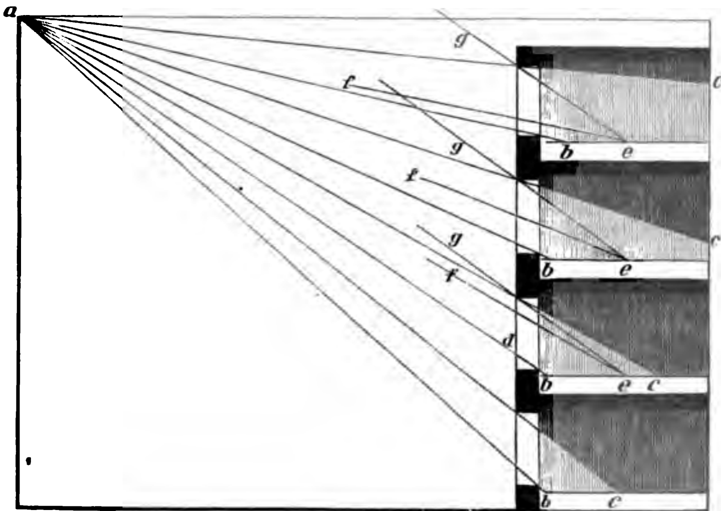


Fig. 74. Tageslichtmessung nach FÖRSTER.

einen willkommenen Zuwachs zur normalen Menge direkten Himmelslichts ansehen können.

In den meisten Fällen wird es sogar unerläßlich sein, daß ein bestimmtes Quantum direkten Himmelslichtes dem Arbeitsplatz zugeführt wird; und diese Forderung läßt sich präzisieren, indem man 1. den Öffnungswinkel, und 2. den Einfallswinkel bestimmt, welchen die auf den Platz fallenden Strahlen in minimo bilden sollen (FÖRSTER), und 3. eine tunlichste Breite der lichtgebenden Fläche vorsieht.

Der Öffnungswinkel mißt die vertikale Ausdehnung des Himmelsgewölbes, welches Strahlen auf den Platz sendet. Er wird begrenzt einmal durch einen unteren, von dem Platz nach der Oberkante des gegenüberliegenden Hauses gezogenen Randstrahl und zweitens durch einen oberen, von dem Platze nach der oberen Fensterkante gezogenen und über diese verlängerten Randstrahl. In Fig. 74 ist für den in der

Mitte des Zimmers gelegenen Platz *e* der Winkel *feg* der Öffnungswinkel. Im Parterre fehlt für diesen Platz der Öffnungswinkel ganz; im ersten Stock ist er sehr spitz; in den höheren Stockwerken wird er erheblich größer. An ausreichend belichteten Plätzen beträgt er — sonstige günstige Bedingungen vorausgesetzt — mindestens 4°.

Der Einfallswinkel ist der Winkel, unter welchem die Strahlen auf die zu belichtende Fläche auffallen (also das Komplement des in der Physik als Einfallswinkel bezeichneten Winkels). Je größer die Entfernung des belichteten Platzes vom Fenster ist, um so schräger fallen die Strahlen auf, auf eine um so größere Fläche verteilt ein Strahlenbündel sein Licht, und um so geringer ist die Helligkeit. Die Abnahme der Helligkeit ist sogar eine sehr rasche; sie erfolgt im Quadrat der Entfernung, so daß in 4 m Entfernung 16fach weniger Licht vorhanden ist als in 1 m Entfernung. — Das Minimum des oberen Einfallswinkels, d. h. des Winkels, welchen der oberste Lichtstrahl mit der Tischfläche bildet, ist durch zahlreiche Proben auf etwa 27° fixiert. Dieses Minimum ist dann vorhanden, wenn die Zimmertiefe nicht mehr als das Doppelte der Fensterhöhe (von der Tischplatte bis zur oberen Fensterkante gemessen) beträgt. Bei größerer Zimmertiefe wird der Einfall der Lichtstrahlen zu schräg und bei gleichzeitig großem Öffnungswinkel kommt blendende Wirkung zustande.

Als dritter Faktor kommt die Breite der lichtgebenden Fensterflächen, oder die Breitenausdehnung des sichtbaren Himmelsgewölbes in Betracht. Geschieht z. B. bei Schulbauten die Anordnung der Fenster nach einem einigermaßen gleichen Schema, so daß nur schmale Pfeiler die Fenster unterbrechen und die ganze Fensterwand gleichsam eine einzige lichtgebende Fläche darstellt, so kann bei einer Vergleichung die Fensterbreite vernachlässigt werden. Bei größeren Verschiedenheiten der Fensterbreite (in älteren Gebäuden) wird diese dagegen stets zu berücksichtigen sein.

Es ergibt sich aus vorstehendem leicht, in welcher Weise die Lichtverhältnisse eines Zimmers gebessert werden können, wenn vorstehende Forderungen nicht erfüllt sind. Ein tunlichstes Hinaufrücken der oberen Fensterkante erhöht gleichzeitig Öffnungs- und Einfallswinkel; Erweiterung der Fenster nach unten schafft nur wertlose und blendende Strahlen. Die Zimmertiefe ist eventuell zu verringern, oder benutzte Plätze sind nur soweit zuzulassen, wie die Entfernung vom Fenster das Doppelte der Fensterhöhe beträgt. Die Pfeiler zwischen den Fenstern sind zu verschmälern und nach innen abzuschrägen; es sind Fensterkreuze zu wählen, die möglichst wenig Licht wegnehmen.

Methoden zur Messung der Belichtung von Arbeitsplätzen. — Unter Umständen können auf Grund der oben gegebenen Ausführungen schon **Bauprojekte** begutachtet werden; hier sind viel eher durchgreifende Korrekturen möglich als nach Fertigstellung des Gebäudes. Erforderlich sind alsdann Skizzen von Gebäudedurchschnitten, welche durch die Fenster gelegt sind und Höhe und Abstand der den Fenstern gegenüberliegenden Gebäude, Bäume usw. enthalten. Ist der Horizont bei verschiedenen Fenstern ungleich, so sind Skizzen (Pausen) vorzulegen, die für jedes Fenster mit abweichender Horizontlinie einen besonderen Durchschnitt (unter Fortlassung aller Details) darstellen. An diesen Durchschnitten ist erstens die Grenze des Himmelslichts festzulegen, indem der höchste Punkt des Horizonts, falls derselbe höher liegt als der obere Fensterrand, mit letzterem verbunden, und diese Linie bis auf die Platte des Arbeitstisches (event. auf deren imaginäre Verlängerung) gezogen wird. Die Plätze, welche vom Fenster noch weiter abliegen als der Schnittpunkt dieser Linie mit dem Arbeitstisch, haben kein direktes Himmelslicht und sind als Arbeitsplätze für Lesen und Schreiben unbedingt zu beanstanden. Ferner ist zweitens zu ermitteln, ob die Zimmertiefe nicht mehr als doppelt so groß ist wie die Fensterhöhe (vom Schreibtisch bis zur oberen Fensterkante gemessen). Ist dies Maß überschritten, so ist der in größerer Tiefe befindliche Teil des Zimmers für Arbeitsplätze schlecht benutzbar; nach Möglichkeit ist die Zimmertiefe zu verringern, oder das Fenster höher hinaufzuführen. — Zur Bestimmung der Belichtungsverhältnisse der nach diesen Ausschaltungen noch übrigbleibenden, von direktem Himmelslicht mit mindestens 27° oberem Einfallswinkel getroffenen Plätze ist von diesen aus eine Linie nach dem oberen Fensterrand, eine zweite nach dem Horizont zu ziehen, und der zwischenliegende Winkel (= Öffnungswinkel) bezw. der zwischen oberem Grenzstrahl und Tischplatte eingeschlossene obere Einfallswinkel mit einem Transporteur auszumessen. — Ferner ist die möglichste Breitenausdehnung der Fenster zu beachten.

Für die Begutachtung von **fertigen Gebäuden** kommen zwei Kategorien in Betracht; erstens solche, welche die Belichtungsverhältnisse eines Arbeitsplatzes ermitteln, zweitens solche, welche die momentan auf einem Platz vorhandene Helligkeit bestimmen.

1. Messung der Belichtungsverhältnisse eines Platzes.

a) Bestimmung der Himmelslichtgrenze und der Grenze des oberen Einfallswinkels von 27°. — Mittels eines Taschenspiegels, den man in Tischhöhe in gegen das Fenster geneigter Haltung in der Hand trägt, und auf den man möglichst senkrecht heruntersieht, findet man die Grenzen des direkten Himmelslichts. Man beginnt an den dem Fenster genäherten Plätzen, auf denen noch deutlich ein Stück Himmelsgewölbe sich abspiegelt, und geht langsam unter allmählich stärkerer Neigung des Spiegels vom Fenster zurück, bis dieses verschwindet. Der gefundene Grenzpunkt wird auf dem Tische markiert. Der Versuch ist, namentlich bei ungleichem Horizont, in verschiedenen Abschnitten des Zimmers zu wiederholen; die Verbindung der einzelnen Punkte ergibt die Grenzlinie, bis zu der das direkte Himmelslicht reicht und bis zu welcher dauernd benutzte Plätze zulässig sind.

Um die Grenze des wünschenswerten Einfallswinkels zu finden, mißt man die Fensterhöhe (vom Tisch bis zur oberen Fensterkante) und markiert auf dem Tisch den horizontalen Abstand vom Fenster, welcher der doppelten

Fensterhöhe entspricht. Die jenseits dieser Linie gelegenen Plätze erhalten zu schräges Licht und sind deshalb ungünstig belichtet.

Durch diese einfachen Messungen lassen sich zahlreiche Plätze ohne weiteres eliminieren. — Für eine genauere Beurteilung der übrigen Plätze sind die folgenden Methoden zu benutzen.

b) Die Messung des sichtbaren Teils des Himmelsgewölbes mit dem Raumwinkelmesser (L. Weber).

Denkt man sich das Himmelsgewölbe in gleiche Quadrate von 1° Seitenlänge geteilt und sieht man dann durch eine begrenzte Öffnung nach dem Himmel, so erhält man einen Kegel oder eine Pyramide, deren Spitze im Auge liegt, deren Seiten durch die vom Auge nach den Rändern der Öffnung und darüber hinaus verlängerten Linien gebildet werden und deren Basis ein bestimmter Teil der quadrierten Himmelsfläche ist, meßbar durch die Zahl der Quadrate. Das ganze Himmelsgewölbe hat dann 41253 Quadrate, so daß jedes

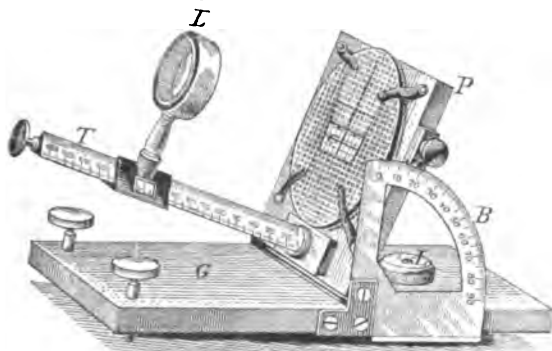


Fig. 75. Webers Raumwinkelmesser.

$= \frac{1}{41253}$ des Himmelsgewölbes entspricht. Tritt man weiter von der Öffnung zurück, so wird die Pyramide spitzer und die Zahl der Quadrate kleiner. Diesen von den Seiten der Pyramide eingeschlossenen, durch die Zahl der Quadrate oder besser Quadratgrade meßbaren Winkel bezeichnet man als Raumwinkel.

Die Messung desselben geschieht in einfacher Weise durch ein fein quadriertes Papier, vor welchem eine Linse verschiebbar angebracht ist (Webers Raumwinkelmesser). Die Linse wird auf dem zu untersuchenden Platz in die richtige Brennweite vom Papier gestellt, und man erhält alsdann auf diesem die leuchtende Himmelsfläche in verkleinertem Bilde. Je ausgedehnter dieselbe ist, um so größer wird das Bild; je mehr Quadrate die betreffende Himmelsfläche umfaßt, um so mehr von den kleinen Quadraten der Papierfläche werden beleuchtet. Die Zahl der hellen kleinen Quadrate gibt also den Raumwinkel für den betreffenden Platz.

Um außerdem den Einfallswinkel der Strahlen zu berücksichtigen, ist die Papierplatte drehbar eingerichtet und man neigt dieselbe so lange, bis das helle Bild des Himmelsgewölbes gleichmäßig um den Mittelpunkt verteilt ist. Dann liest man an einem seitlich angebrachten Gradmesser den nunmehr eingestellten mittleren Neigungswinkel ab. Mit dem Sinus dieses Winkels (α) ist bei vergleichenden Messungen die Zahl der Quadratgrade zu multiplizieren.

Durch eine Reihe von Bestimmungen ist ermittelt, daß die für Lesen und Schreiben erforderliche Helligkeit eines Platzes von 10 Meterkerzen in Rot vorhanden ist, wenn der abgelesene Raumwinkel (w) bei senkrecht auffallenden Strahlen mindestens 50 Quadratgrade, bei anderem Einfallswinkel $\frac{50}{\sin \cdot \alpha}$ umfaßt $\left(w \cdot \sin \alpha = 50;\ w = \frac{50}{\sin \cdot \alpha}\right)$. Die für die verschiedenen Einfallswinkel erforderlichen Quadratgrade sind auf dem Instrument notiert.

Nachteile der Messung mit diesem Instrument liegen darin, daß bei unregelmäßigem Horizont (Bäumen) die Bestimmung viel Zeit beansprucht und ungenau wird. Auch durch mehrere lichtgebende Flächen, die einen Platz beeinflussen, wird die Messung kompliziert. Das reflektierte Licht kommt gar nicht zur Messung.

c) Thorners Beleuchtungsprüfer. Das Bild im Brennpunkt einer Konvexlinse von bestimmter Apertur ist immer gleich hell (z. B. die helle Figur beim Raumwinkelmesser), unabhängig von der Entfernung der Lichtquelle. Zwar besteht außerdem noch eine Abhängigkeit von der Intensität der Lichtquelle, d. h. des Himmelslichts; aber diese ändert sich gleichmäßig mit der zu untersuchenden Platzhelligkeit und stört daher die Vergleichung nicht.

Ein Platz, der von 50 reduzierten Raumwinkelgraden belichtet wird, hat die gleiche Beleuchtung wie ein Platz, der das Licht derselben Himmelsfläche durch eine Konvexlinse von $^1/_6$ Apertur erhält.

In Thorners Instrument (Fig. 76) ist nun eine solche Linse angebracht, und mit Hilfe eines kleinen Spiegels (e) wirft man auf dem zu untersuchenden Platze das Bild eines Stücks Himmelsgewölbe auf ein Blatt Papier (a), das im Brennpunkt der Linse liegt. Die dadurch hier entstehende Figur hat normale Helligkeit. — Das Blatt Papier hat aber außerdem ein kleines rundes Loch, und durch dieses sieht man gleichzeitig auf ein Stück weißes Papier (c), das auf dem zu untersuchenden Platze liegt. Erscheint nun der kreisförmige Ausschnitt heller als die umgebende Figur, so ist der Platz mehr als normal beleuchtet; erscheint er dunkeler, so ist er schlechter beleuchtet.

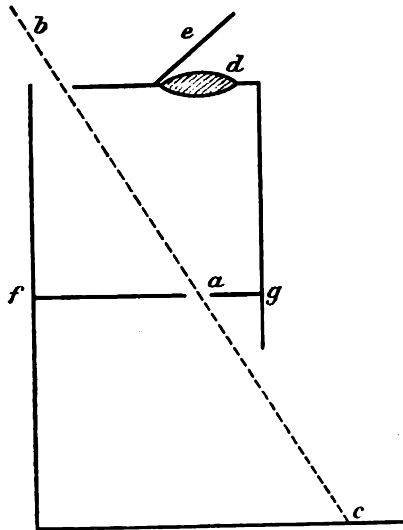
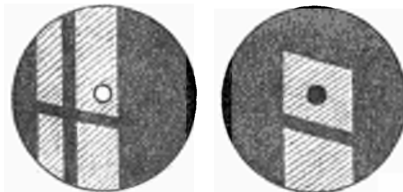


Fig. 76.


Fig. 77.

Die Methode leistet insofern nicht so viel wie der Raumwinkelmesser, als sie nur die Prädikate genügend und ungenügend ermittelt, ohne ziffermäßig

den Grad der Abweichung anzugeben. Dafür ist sie aber äußerst einfach und trägt gleichzeitig dem reflektierten Licht Rechnung.

Praktisch wird man meistens am besten so verfahren, daß man zunächst die unter a) bezeichneten Grenzen festlegt, und dann die verdächtigen Plätze nach c) prüft. Nur wenn bestimmte Zahlen für den Grad der Abweichung verlangt werden, ist noch die Methode b) hinzuzufügen.

2. Bestimmung der momentan vorhandenen Helligkeit eines Platzes.

a) Die genauesten Resultate erhält man mit Webers Photometer, das vor anderen Photometern noch den wesentlichen Vorzug besitzt, daß es für jede Art der Beleuchtung, auch bei Tageslicht, verwendbar ist.

In dem einen Arm des Photometers brennt eine regulierbare Amylacetatflamme, welche ihr Licht auf eine Milchglasplatte *f* wirft und dieser auf der abgewandten Seite einen bestimmten Grad von Helligkeit verleiht, der zum Vergleich benutzt wird (s. Fig. 78).

Die Milchglasplatte ist gegen die Flamme durch eine Schraube *v* verschiebbar und die Entfernung beider = *r* kann an einer außen befindlichen

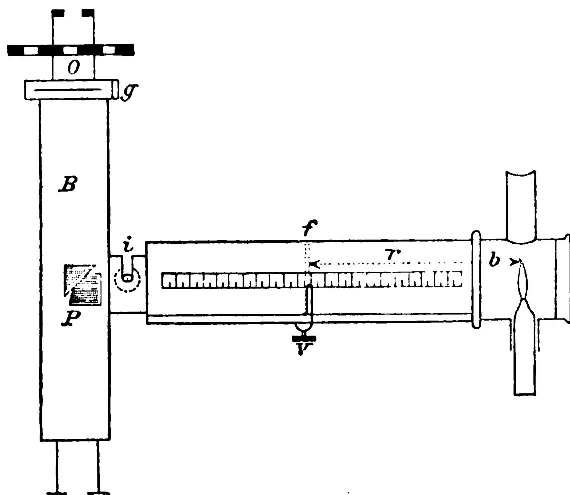


Fig. 78.

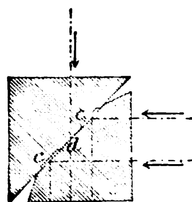


Fig. 79.

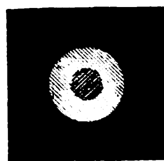


Fig. 80.

Skala abgelesen werden. Bei gleichbleibender Flamme hängt die Helligkeit der Milchglasplatte von der Distanz zwischen Platte und Flamme ab. In einer gewissen Entfernung beträgt dieselbe 1 MK., bei geringerer Entfernung mehr, bei größerer weniger, und zwar im Quadrat der Entfernung ansteigend resp. abnehmend.

Mit dieser beliebig abstufbaren bekannten Helligkeit vergleicht man nun die zu untersuchende Fläche, also z. B. ein Blatt Schreibpapier, das auf den

Tisch gelegt ist. Auf dieses richtet man das andere Rohr des Photometers und sieht in letzteres hinein. Durch Anbringung eines LUMMERschen Prismas (Fig. 79) fällt in den mittleren Teil des Gesichtsfeldes das Licht nur von der beobachteten weißen Fläche, in den peripheren Teil nur von der leuchtenden Milchglasplatte, so daß zwei konzentrische Kreise entstehen (Fig. 80), die sehr scharf verglichen werden können. Man muß dann die Milchglasplatte so weit verschieben, bis völlig gleiche Helligkeit im ganzen Gesichtsfeld hergestellt ist. — Die Helligkeitsvergleichung gelingt allerdings nur bei gleicher Farbe des Lichts; und da Tageslicht und Benzinlicht von sehr verschiedener Farbe sind, muß die Vergleichung unter Einschaltung eines farbigen (z. B. roten bezw. grünen) Glases (*O* in Fig. 78) vorgenommen werden. Die für eine Quote des Tageslichts gefundene Helligkeit muß, wie oben erwähnt, dann mit einem experimentell ermittelten Faktor (etwa 2,5) multipliziert werden, um der Helligkeit des gesamten Tageslichts zu entsprechen.

b) WINGENS Helligkeitsprüfer. Dem WEBERschen Photometer nachgebildet, einfacher und erheblich billiger, aber ungenauer. Durch Abstufung der Flammenhöhe einer Benzinlampe läßt sich auf einem Stück weißen Kartons eine Helligkeit von 10—50 Meterkerzen (5 Stufen) herstellen; ein anderes Stück desselben weißen Kartons liegt auf dem Platze. Durch ein Okular und ein rotes Glas werden beide Kartonflächen gleichzeitig beobachtet, und es wird ermittelt, mit welcher durch die Flamme hervorgerufenen Helligkeitsstufe die Helligkeit des Platzes übereinstimmt. — Eine feiner abstufbare Konstruktion WINGENS (1—1000 MK.) ist auch entsprechend teuerer, ohne die Zuverlässigkeit des WEBERschen Photometers zu erreichen.

c) PFEIFFERS Lichtmesser. Ein Stativ trägt einen Tubus mit Okularlinse. In der Mitte des Tubus befindet sich eine feste Scheibe, welche im Zentrum ein größeres und in der Peripherie acht kleinere Löcher trägt, die mit transparentem Papier überzogen sind. Am unteren Ende des Tubus befindet sich eine Irisblende und an ihrem Rande eine Meterkerzenskala, durch Vergleichung mit WEBERS Photometer gewonnen. Richtet man das Instrument senkrecht auf die zu untersuchende Fläche und hält das Auge dicht an das Okular, so muß man, um die peripheren kleinen Öffnungen zu sehen, die Irisblende um so weiter öffnen, je schlechter der Platz beleuchtet ist.

d) COHNS Lichtprüfer. COHN nennt seine Methode die „okulistische“ Lichtprüfung. Er bestimmt, wieviel Ziffern einer beigegebenen Tafel in 40 cm Entfernung von einem gesunden Auge an einem Platze in 30 Sekunden gelesen werden, je nachdem ein, zwei oder drei graue Gläser, deren Lichtabsorption bestimmt ist, vor das Auge gebracht werden.

Liest man durch alle drei Gläser, welche ca. 99 Prozent Tageslicht absorbieren, noch ebensoviel Ziffern in 30 Sekunden ab, als ohne die Gläser, dann kann der Platz als „vorzüglich“ beleuchtet bezeichnet werden. Ist dies nur durch zwei graue Gläser möglich, die 95 Prozent Licht absorbieren, so ist der Platz „gut“. Gelingt das fließende Lesen nur mit einem grauen Glase, welches 80 Prozent Licht absorbiert, so ist der Platz noch „brauchbar“. Gelingt auch dies nicht, so ist er „unbrauchbar“. Für künstliches Licht gilt folgendes: Liest jemand mit normaler Sehschärfe in 40 cm Entfernung und in 30 Sekunden ebensoviel Ziffern bei künstlichem Licht, als in derselben Zeit am hellen Fenster, so ist der Platz von künstlichem Licht genügend beleuchtet; ist dies nicht der Fall, so ist der Platz zur Arbeit unbrauchbar. — Fehlerquellen der Methode liegen darin, daß

die Schnelligkeit im Lesen individuell verschieden ist, ferner in dem Einfluß der Ermüdung.

e) Wingens photochemische Methode benutzt zur Feststellung der Beleuchtungsintensität eines Platzes die Schwärzung photographischen Papiers durch Licht. An den verschiedenen Plätzen eines Zimmers werden kleine Stückchen lichtempfindlichen Papiers (sog. Aristopapiers) ausgelegt: Nach Verlauf einer Stunde werden dieselben eingesammelt, um dann wie alle photographischen Positivbilder nachbehandelt zu werden (Fixierung, Tonung usw.). Bei guter Beleuchtung soll eine gewisse Dunkelfärbung des Papiers eintreten, so daß ein nicht genügend dunkel gefärbtes Papier ein Zeichen für unzureichende Beleuchtung des betreffenden Platzes wäre. — Nachprüfungen haben ergeben, daß die Methode verschiedene Fehlerquellen enthält. Das Papier ist kaum genügend empfindlich, selbst wenn man den Grenzwert auf 50 Meterkerzen in Rot, = 125 Meterkerzen Tageslicht, hinaufrückt.

Die praktische Verwendbarkeit sämtlicher Methoden der zweiten Kategorie leidet unter dem sehr erheblichen Fehler, daß alle nur für die Beobachtungsstunde die Helligkeit angeben, daß aber diese Helligkeit je nach dem Bewölkungszustand, der Luftbeschaffenheit, dem Stande der Sonne usw. enorm stark schwankt; an ein und demselben Platze um das 40—100fache. Um die Brauchbarkeit eines Platzes unter allen Verhältnissen festzustellen, müßte man mit diesen Methoden gerade an dem trübsten Tag und zur trübsten Stunde messen; und nie wird man sicher sein können, daß nicht während der Prüfung selbst die Verhältnisse sich total geändert haben. Erst oft wiederholte Prüfungen können hier das Resultat einigermaßen sichern. — Das reflektierte Licht wird bei diesen Methoden stets mit gemessen; da es noch stärker schwankt als das direkte Licht, wird die Differenz der einzelnen, zu verschiedener Zeit gemachten Beobachtungen noch erhöht. — Bei künstlicher Beleuchtung sind allerdings nur die Momentanmethoden anwendbar; außerdem ist das Webersche Photometer überall da indiziert, wo es auf genaue Zahlenwerte ankommt.

B. Künstliche Beleuchtung.

Zur künstlichen Beleuchtung sind — einstweilen abgesehen von der elektrischen Beleuchtung — nur Körper geeignet, welche angezündet weiter brennen; welche zweitens gasförmig sind oder in Gasform übergehen, so daß eine Flamme entstehen kann; und in deren Flamme drittens feste Körper oder dichte Dämpfe ausgeschieden und glühend gemacht werden. Nur auf diesen glühenden Teilchen beruht die Leuchtkraft einer Flamme.

Die Leuchtgase, die entweder präformiert sind oder aus dem Leuchtmaterial, z. B. Ölen, Stearin, Paraffin, unter der Einwirkung der Hitze entstehen, sind wesentlich Kohlenwasserstoffe verschiedenster Art, Äthylen, Acetylen u. a. m.

Die sogenannten schweren Kohlenwasserstoffe scheiden leicht Kohlenstoff ab; derselbe ist aber nicht der wesentlich leuchtende Bestandteil der Flamme, sondern es kommen hierfür hauptsächlich dichte Dämpfe höherer Kohlenwasserstoffe in Betracht.

Werden einer Flamme mehr Kohlenwasserstoffe zugeführt als in der äußersten Zone verbrennen können, oder wird die Luftzufuhr und die Verbrennung beschränkt, so entweichen Kohlenwasserstoffe und es entsteht Rußen der Flamme. So beobachtet man Rußen, wenn bei Bewegungen der Flammen (durch Wind usw.) zeitweise zuviel Material erhitzt wird, oder wenn dasselbe zu leicht schmilzt und in zu großer Masse dem Docht zugeführt wird. Rußende Flammen entstehen auch trotz ruhigen Brennens bei solchem Material, welches auf 6 Teile Kohlenstoff weniger wie 1 Teil Wasserstoff enthält. Kohlenstoffreichere Öle kann man erst dadurch mit nicht rußender Flamme verbrennen, daß man Glaszylinder aufsetzt und eine verstärkte Luftzufuhr herstellt. — Bei sehr starker Luftzufuhr hört das Leuchten der Flamme völlig auf.

Benutzt werden:

1. Talglichter. Das Material wird sehr leicht flüssig. Die Dochtlänge wechselt stark, die Flamme ist daher in steter zuckender Bewegung und fast immer rußend; infolge der unvollkommenen Verbrennung werden Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxydgas, Fettsäuren und Acroleïn der Zimmerluft beigemengt.

2. Stearinlichter, aus reiner Stearinsäure hergestellt. Die Verbrennung ist hier viel vollständiger, das Rußen seltener.

3. Paraffinkerzen, aus Destillationsprodukten der Braunkohle und des Torfs gewonnen. Das Paraffin schmilzt leichter als das Stearin; daher müssen dünnere Dochte gewählt werden.

4. Fette Öle, die unter Druck in den Docht eingetrieben werden. Zur vollständigen Verbrennung bedürfen sie großer Luftzufuhr, also des Aufsetzens von Zylindern. Sie werden kaum mehr zu Beleuchtungszwecken gebraucht und sind fast völlig durch die folgenden Materialien verdrängt.

5. Petroleum kommt in gewissen Erdschichten, in welchen es durch Zersetzung von Pflanzen- und Tierresten entstanden ist, in großen Massen vor; namentlich in Nordamerika, am Kaspischen Meere usw.

Das rohe Petroleum wird durch Destillation gereinigt, weil nur einige unter den zahlreichen Kohlenwasserstoffen des Petroleums zur Beleuchtung geeignet sind. Die geeignetsten Öle destillieren bei 150—250°. Sie haben das spezifische Gewicht 0·8 und kommen unter dem Namen „raffiniertes Petroleum" in den Handel. Vielfach werden sie nochmals gereinigt und namentlich von den gefährlichen, niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen Naphta und Gasolin möglichst vollständig befreit. Die letzteren verdampfen schon bei gewöhnlicher Temperatur und ihre Dämpfe bilden mit Luft explosive Gemenge.

Gut gereinigtes Petroleum soll selbst an heißen Orten und auch in dem beim Brennen stets etwas erwärmten Behälter der Lampe nicht in solchem Maße verdampfen, daß explosive Gasgemenge entstehen können.

Bei der Verbrennung des Petroleums ist gute Luftzufuhr nötig; daher müssen eingeschnürte Zylinder verwandt werden, die eine innige

Berührung der Luft mit der Flamme bewirken. Häufig richtet man jetzt auch im Innern der Flamme eine Luftzufuhr her, so daß die schmale Flamme von beiden Seiten eine ausgedehnte Berührung mit Luft erfährt.

6. Leuchtgas. Aus allen möglichen organischen Stoffen herstellbar, welche Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten und beim Erhitzen unter Luftabschluß Kohlenwasserstoffe liefern; am besten geeignet sind bestimmte Sorten Steinkohle. In jedem Falle ist das entstehende Gemenge von Kohlenwasserstoffen von vielen der Beleuchtung hinderlichen Destillationsprodukten zu reinigen.

Das Rohmaterial wird in eisernen oder gemauerten Retorten geglüht; die Dämpfe gelangen zunächst in eine Vorlage, wo die schwerflüchtigen Bestandteile, Teer und Wasser, schon größtenteils zurückbleiben; dann in einen weiteren Kühlapparat, in welchem sich wiederum Teerprodukte abscheiden. Das Kondenswasser enthält Ammoniumkarbonat, Ammoniumsulfid, Ammoniumchlorid und Ammoniumcyanid; der kondensierte Teer enthält flüssige Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol, feste wie Naphtalin, Paraffin, Hydroxylderivate wie Karbol, Kreosol, Kreosot; ferner Anilin, Pyridinbasen usw.

Die in den Kühlapparaten nicht verdichteten Gase bilden das unreine Leuchtgas, welches folgende notwendige Gase enthält: Äthylen, Acetylen, Dämpfe von Benzol und Naphtalin als leuchtende Bestandteile; Methan, Kohlenoxydgas und Wasserstoff als nicht leuchtende, aber brennbare und verdünnende Bestandteile. Außerdem sind als störende resp. giftige Verunreinigungen zu nennen: Stickstoff, Kohlensäure, Ammoniak, Cyan und verschiedene Schwefelverbindungen, z. B. Cyansulfid, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff.

Um die Verunreinigungen zu beseitigen, kommt das Gas in den sogenannten Skrubber, wo es auf einer großen mit Koks und Steinkohlenstücken hergestellten Oberfläche mit Wasser gewaschen wird. Ferner werden durch Ätzkalk oder durch Laming sche Masse (gelöschter Kalk, Eisenvitriol, Sägespäne, an der Luft in Eisenoxydhydrat, Calciumhydrat und Calciumsulfat verwandelt) namentlich die Schwefelbestandteile resp. das Ammoniumkarbonat fortgenommen.

Schließlich bleibt ein Gemenge übrig, das etwa 5 Prozent schwere Kohlenwasserstoffe enthält, die für die Beleuchtung am wichtigsten sind; ferner 30 Prozent Methan und 50 Prozent Wasserstoff, die z. B. für die Beheizung mit Leuchtgas wesentlich in Betracht kommen; ferner 5—15 Prozent Kohlenoxydgas. Der charakteristische Geruch des Leuchtgases rührt von kleinen Mengen Schwefelkohlenstoff und Naphtalin her. — Methan und Wasserstoff sind explosiv, wenn sie in bestimmtem Verhältnis mit Luft gemengt sind. Die Explosion erfolgt, wenn ein Volumen Leuchtgas mit dem 4—20fachen Volumen Luft gemischt wird; ist weniger oder mehr Luft vorhanden, so findet keine Explosion statt.

Auch bei der Gasbeleuchtung kommt alles auf die richtige Menge der den Flammen zugeführten Luft an. Bei zuviel Luft findet volle Verbrennung statt

und die Flamme leuchtet gar nicht, bei zuwenig Luft entstehen rußende Flammen. Im Gebrauch sind entweder Schnittbrenner, welche breite, dünne Flammen von der Form einer Fledermaus geben; oder Zweilochbrenner, bei welchen zwei gegeneinander geneigte feine Öffnungen einen abgeplatteten Strahl erzeugen, so daß wiederum eine flache Flamme von der Gestalt eines Fischschwanzes entsteht; oder zylindrische Brenner mit schmalem Schlitz oder einer Reihe kleinen Öffnungen versehen, und mit Luftzufuhr von innen und von außen zu beiden Seiten des Flammenzylinders (Argandbrenner). Ein Fischschwanzbrenner verbraucht pro Stunde zirka 108 Liter Gas, ein Schnittbrenner 120—150 Liter, ein Argandbrenner 150—220 Liter.

Besonders reines, namentlich von Ammoniak, Schwefel und Kohlenoxydgas freies Gas wird durch Destillation von Petroleum, Naphta und Paraffinölen gewonnen (Paraffinölgas der Eisenbahnwagen). — Vielfach sucht man durch Einleiten von Dämpfen von Ligroin, Benzin, Naphtalin in das Leuchtgas diesem stärkere Leuchtkraft zu verleihen. — Ferner wird neuerdings auch Wassergas (vgl. S. 312) dadurch zum Leuchten nutzbar gemacht, daß schwere Kohlenwasserstoffe beigemischt oder kammförmig angeordnete Nadeln von Magnesia darin zum Glühen gebracht werden (Fahnehjelms Glühlicht). Jedenfalls mengt man dem kohlenoxydhaltigen, stark giftigen Wassergas riechende Bestandteile absichtlich bei, um etwaige Ausströmungen bemerkbar zu machen. — Für kleine Anlagen eignet sich auch Aërogengas, durch Verdampfung aus flüssigen Kohlenwasserstoffen (Benzindampf mit Luft gemischt) in einfachen Apparaten hergestellt.

7) Große Bedeutung hat in den letzten Jahren das Gasglühlicht erlangt. Bei demselben wird ein mit seltenen Erden getränktes Gewebe, der Glühstrumpf, in die Flamme des Leuchtgases oder anderer brennender Gase eingehängt und hier ins Glühen gebracht (Auer von Welsbach). Für das Tränken des Glühgewebes kommen die Nitrate von Thor und von Cer besonders in Betracht; ersteres wiegt der Menge nach erheblich vor (98 Prozent), ist aber relativ indifferent und nur der Träger für das Ceroxyd, das nicht mehr als 1—2 Prozent der Masse ausmacht, aber ganz wesentlich beteiligt ist, weil es infolge spezifischer Eigenschaften leicht in vollste Weißglut von einer 2000° erheblich überschreitenden Temperatur übergeht. Die Leuchtkraft der Glühstrümpfe ist daher eine sehr bedeutende; sie leisten die gleiche Lichtstärke mit einem 50 Prozent geringeren Gasverbrauch.

Die Glühstrümpfe sind auch in der Form des Spiritusglühlichts verwendbar. In den Lampen wird entweder durch eine kleine Heizflamme, die zunächst anzuzünden ist, Vergasung des Spiritus erzielt; nach dem Anzünden muß man etwa drei Minuten warten, bis hinreichend Gas gebildet ist, und dann die den Glühstrumpf durchströmenden Gase anzünden; oder die Vergasung erfolgt ohne Heizflamme durch die vom Brenner fortgeleitete Wärme. Der denaturierte Spiritus brennt geruchlos, abgesehen von der Zeit zwischen Anzünden der Heizflamme und dem der Leuchtflamme.

8) Acetylengas. Das Acetylengas, das eine dem Leuchtgas weit überlegene Leuchtkraft besitzt, wird in größerem Umfang zur Beleuchtung benutzt, seit das Karbid, CaC_2 durch Zusammenschmelzen von CaO und Kohle bei sehr hoher, im elektrischen Ofen zu erreichender Temperatur fabrikmäßig hergestellt werden kann. Karbid gibt bei der Berührung mit Wasser Acetylen nach der Gleichung: $CaC_2 + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. — Zur Gewinnung von Acetylen zur Beleuchtung wird z. B. Karbid durch eine Streuvorrichtung in Wasser eingebracht. Das Gas wird nur für kleine Anlagen unter geringem Druck verwendet; bei stärkerem Druck ist die Gefahr, daß das Gas (ohne Berührung mit Luft) explodiert, zu sehr gesteigert.

9) Elektrisches Licht. Entweder wird sogenanntes Bogenlicht durch einen aus glühenden Kohlenpartikelchen bestehenden Funkenstrom erzeugt, welcher zwischen zwei aus harter Retortenkohle bestehenden, etwa 4 mm voneinander entfernten Elektroden übergeht. Solches Bogenlicht ist stark violett. Oder man benutzt Glühlicht; ein dünner Kohlenfaden (aus gelöster, dann in Fäden gepreßter und verkohlter Zellulose) wird durch den elektrischen Strom bis zur Rotglut erhitzt, und um das Verbrennen der Kohle zu hindern, in eine luftleer gemachte Glashülle eingeschlossen. Es entsteht so ein mehr gelbrötliches Licht.

Eine schöne weiße Farbe hat das Bogenlicht nur dann, wenn in der Betriebsleitung keine zu hohe Spannung herrscht. Ist letzteres der Fall, so wird das Licht violett. Ferner wird nur dann ein ruhiges Licht geliefert, wenn die Spannung in der Betriebsleitung sich konstant hält, und wenn ebenso Spannung und Stromstärke durch gleichen Abstand der Kohlenspitzen, also gleich langen Lichtbogen, konstant erhalten werden. Um Schaden durch die herabfallenden glimmenden Kohlenstückchen zu vermeiden und das Ausblasen durch Wind zu hindern, wird der untere Teil der Bogenlampe mit runden Glaskugeln umgeben, wobei allerdings 15—40 Prozent Licht verloren gehen. — Durch Beimischung von Salzen zur Kohle entsteht ein farbiges, aber sehr intensives Licht (Bremer Licht u. a.). — Das Glühlicht ist teurer, gestattet aber eine weitgehendere Teilung und Anpassung an die Größe des Raumes. Bei der Glühlichtlampe von Edison werden verkohlte und U-förmig gebogene Bambusfasern benutzt; bei den Swan-Lampen Baumwollfasern. — Bei der Hälfte Stromverbrauch liefert die gleiche Helligkeit die Osmiumlampe, enthaltend einen sehr dünnen Faden aus reinem Osmium, der nach dem Verbrennen einer Mischung von fein verteiltem Osmium und Zucker zurückbleibt; ferner die Nernst-Lampe, bei welcher, ähnlich wie beim Gasglühlicht, unverbrennliche Substanzen (Stäbchen aus Magnesiumoxyd und Yttriumoxyd) zur Weißglut erhitzt werden. Damit die Stäbchen gute Leiter werden, müssen sie allerdings vorher erwärmt werden; dies geschieht durch eine das Stäbchen umgebende Platinspirale, welche durch den elektrischen Strom zunächst zur Rotglut erhitzt wird.

Vergleichen wir vom hygienischen Standpunkt aus die verschiedenen Beleuchtungsarten, so haben wir zunächst folgende Anforderungen an eine normale künstliche Beleuchtung zu stellen: 1. Die Beleuchtung soll die oben näher präzisierte erforderliche Helligkeit liefern, und zwar gleichmäßig ohne zu starke Intensitätsschwankungen (Zucken der Flamme). 2. Die Qualität des Lichtes soll dem Auge zusagen. 3. Die Lichtquellen sollen das Auge nicht durch zu starken Glanz schädigen. 4. Die strahlende Wärme der Lichtflamme soll die Bewohner nicht belästigen, und die Wärmeabgabe der Menschen im Wohnraum soll nicht in zu hohem Grade behindert werden. 5. Die Leuchtmaterialien sollen keine gesundheitsschädlichen Verunreinigungen in die Wohnungsluft übergehen lassen. 6. Die Beleuchtung soll keine Explosionsgefahr herbeiführen. 7. Sie soll möglichst billig sein.

1. Die Lichtstärke. Die Lichtintensität der Kerzen ist außerordentlich unbedeutend und keiner Steigerung fähig. Sie liefern uns jedoch die Vergleichseinheit = Normalkerzen (vergl. S. 352). Oellampen lieferten früher, und zum Teil auch jetzt noch, in England und Frankreich die Vergleichseinheit; eine Carcellampe ist = 9·8 Normalkerzen. Petroleumlampen sind an Lichtstärke den Öllampen weit überlegen, namentlich wenn gut raffiniertes Petroleum benutzt wird. Gewöhnliche Lampen geben eine Lichtstärke bis zu 50 oder 60 Normalkerzen. Besondere Konstruktionen (wie z. B. die von Schuster & Baer in Berlin) geben bis 110 Normalkerzen Lichtstärke. Bei letzteren Lampen geht ein Luftzufuhrrohr mitten durch den Ölbehälter und die dadurch vorgewärmte zutretende Luft wird durch einen sternartigen Einsatz passend verteilt. Gasflammen liefern ein Licht von 10—30 Normalkerzen Stärke, größere Argandbrenner, Gasglühlicht und Acetylenlicht bis 150 Normalkerzen und mehr. Elektrisches Glühlicht liefert 8 bis 32—500 Normalkerzen; eine Bogenlampe mittlerer Größe 450 NK.; große bis 3000 NK.

Die Gasbeleuchtung läßt sich steigern durch die Zufuhr vorgewärmter Luft und durch Vorwärmung des Gases. Dies geschieht z. B. bei dem Siemensschen Regenerativbrenner. Die Vorwärmung wird dadurch erzeugt, daß die Luft resp. das Gas in den durch die Flamme erwärmten Teilen der Lampe sich eine Strecke weit fortbewegen muß, um zur Flamme zu gelangen. Diese Lampen haben außerdem gewöhnlich einen sogenannten invertierten Brenner, d. h. aus einem unten an der Lampe befindlichen Ringe strömt das Gas von oben nach unten aus, so daß ein Kranz von Flammen unter diesem Ringe entsteht. Die Lampen werfen daher keinen Schatten und sind zur Oberlichtbeleuchtung vorzüglich geeignet (erwärmen aber die unter der Lampe gelegenen Plätze stark).

Für die ausnutzbare Lichtstärke sind die Lampenglocken sehr wesentlich. Dieselben sollen teils die horizontal in das Auge fallenden

Strahlen abhalten, welche uns stark blenden und die Erkennung eines beleuchteten Gegenstandes erschweren, teils sollen dieselben das Licht auf den Arbeitsplatz reflektieren und konzentrieren. Die Lichtstärke auf dem Arbeitsplatz ist das eigentlich Wichtige für uns, und daher sollte vorzugsweise diese mit Hilfe des WEBERschen Photometers bestimmt werden. Legt man als Norm eine Helligkeit von 10 Meterkerzen zugrunde, so wird eine solche von den gewöhnlichen Petroleumlampen bis zu 0·5 m seitlichen Abstand geleistet. — Gasflammen, welche 0·75 m über dem Tisch hängen, gewähren noch bei 0·5 m seitlicher Distanz mit Milchglasglocken von flacher Trichterform genügendes Licht. Eine Ausnahme machen nur lackierte Schirme und die sogenannten Pariser Lampenglocken, die auch unten mit einer Milchglasschale versehen sind.

Außer auf die Lichtstärke ist noch auf die Gleichmäßigkeit des Brennens Wert zu legen; zuckendes oder in der Lichtstärke erheblich schwankendes Licht wirkt äußerst belästigend und reizend aufs Auge (z. B. schlechte Bogenlichtanlagen). In dieser Beziehung ist das Auerlicht (Gasglühlicht, Spiritusglühlicht) den Beleuchtungsarten, die frei brennende Flammen benutzen, erheblich überlegen.

2. Lichtqualität. Im Tageslicht finden sich 50 Prozent blaue, 18 Prozent gelbe, 32 Prozent rote Strahlen; alle künstlichen Lichtquellen liefern mehr gelbe und rote Strahlen, und das violette Spektrum ist schwach vertreten; doch ist dies Verhältnis bei den neueren kräftigeren Lichtquellen viel weniger verschoben. Beim elektrischen Bogenlicht ist ein übergroßer Bruchteil violetter und ultravioletter Strahlen vorhanden. Die Sehschärfe ist bei gleich hellem gelbem Licht größer als bei bläulichem; zudem sollen ultraviolette Strahlen die Netzhaut stark reizen. Bei intensiver Beleuchtung ist dem Auge ein Vorwiegen der roten und gelben Strahlen jedenfalls angenehmer als das übermäßig blauviolette Licht, z. B. des elektrischen Bogenlichts.

3. Unter Glanz einer Lichtquelle versteht man die von der Flächeneinheit (1 qmm) ausgehende Helligkeit. Vergleicht man kleine Schnittbrenner, Kerzen und Gasglühlicht, so verhält sich deren Glanz etwa wie 4 : 6 : 10. Elektrisches Glühlicht zeigt noch 7—10fach höheren Glanz, noch weit mehr elektrisches Bogenlicht. — Stark glänzende Lichtquellen dürfen nicht direkt das Auge treffen; sie blenden und reizen das Auge, setzen die Wahrnehmbarkeit anderer Gegenstände herab, können Tränen der Augen und Schmerzempfindung hervorrufen. Glänzende Lichtquellen im Bereich des Auges müssen daher mit dämpfenden Hüllen aus Milchglas und dergl. umgeben werden, die dann aber die Lichtstärke erheblich herabsetzen.

4. Wärmeproduktion. Zunächst kommt die Wärmeausstrahlung der Lichtquellen gegenüber der in der Nähe befindlichen Gesichtshaut der Bewohner in Betracht. Gerade beim künstlichen Licht sind viel reichlicher Wärmestrahlen vorhanden (80—90 Prozent) als beim Sonnenlicht (50 Prozent). Die Intensität der Wärmestrahlung darf natürlich nur bei gleicher Lichtstärke verglichen werden. Am günstigsten stellt sich unter den gewöhnlichen Beleuchtungsmitteln das Gasglühlicht; dann folgt elektrisches Glühlicht. Gewöhnliche Gasbrenner geben 5mal, Kerzen 8mal und Petroleumlampen 10mal mehr strahlende Wärme als Gasglühlicht.

Abhilfe gegen die Wärmestrahlung ist nur bei den Lichtquellen erforderlich, die in dieser Beziehung sich ungünstig verhalten, namentlich bei Petroleumlampen. Hier sind die Flammen mit doppeltem Zylinder von Glas oder besser von Glas und Glimmer zu umgeben, so daß die zwischen beiden zirkulierende Luft zur Kühlung des äußeren Zylinders beiträgt.

Die Gesamtwärme, welche von den Lichtquellen geliefert wird, ist häufig so erheblich, daß die Entwärmung der Bewohner dadurch beeinträchtigt wird. In Betracht kommt dabei nicht nur die Temperatur, sondern auch die Wasserdampfmenge, die den Feuchtigkeitsgehalt der Luft und damit die Wasserverdunstung von der Haut beeinflußt. Auch hier ist ein Vergleich verschiedener Lichtquellen nur zulässig bei gleicher Lichtstärke. Nach RUBNER ergaben sich folgende Werte:

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefern pro Stunde:

Elektrisches Bogenlicht	57	Kalorien	und	0	kg	Wasser
Elektrisches Glühlicht	200	„	„	0	„	„
Gasglühlicht	1000	„	„	0·1	„	„
Leuchtgas, Argandbrenner . . .	4200	„	„	0·7	„	„
Petroleum, großer Rundbrenner .	2070	„	„	0·3	„	„
Petroleum, kleiner „	6200	„	„	0·8	„	„
Stearinkerze	7880	„	„	0·9	„	„

Kerzen verhalten sich also am ungünstigsten. Freilich erreicht man mit diesen tatsächlich nie bedeutende Wärmeeffekte, weil man es stets an dem entsprechenden Lichteffekt fehlen läßt.

Gaslicht ist ungünstiger als elektrisches Licht; aber beim Gaslicht läßt sich die produzierte Wärme zweckmäßig zur Ventilation des Raumes ausnutzen, und es tritt dann keine stärkere Belästigung durch die Temperaturerhöhung ein.

5. Verunreinigung der Luft. Bei Gasbeleuchtungsanlagen kann schon ohne Benutzung derselben infolge von Undichtigkeiten

der Leitung die Luft in gefährlicher Weise mit Kohlenoxydgas verunreinigt werden. Undichtigkeiten der Leitung sind stets vorhanden. Hauptsächlich findet die Ausströmung von Leuchtgas im Boden statt, wo durch das allmähliche Einwirken von Feuchtigkeit, Schwefelammonium (Jauche), mechanische Erschütterungen usw. leicht Defekte entstehen. Vom Boden kann das ausgeströmte Gas eventuell in die Wohnung gelangen, allerdings nur dann, wenn Undichtigkeiten in den Fundamenten des Hauses vorliegen (vergl. S. 301). Durch starke Heizung wird das Eindringen des Gases in die Wohnung begünstigt; in mehreren Fällen von Leuchtgasvergiftungen bewohnten die Erkrankten gerade die am stärksten geheizten Zimmer. — Auch innerhalb der Wohnung entweichen oft kleine Mengen Gas, die durch genaue Beobachtung der Gasuhr, in noch empfindlicherer Weise durch den Suckowschen Regulator, entdeckt werden können. Stärkere Ausströmungen werden leicht durch den Geruch erkannt; selbst wenn das Gas nur zu 2 Prozent der Luft beigemengt ist, ist der Geruch von jedem, auch wenig empfindlichen Menschen wahrzunehmen. Zuweilen können allerdings die riechenden Stoffe absorbiert und dadurch unmerklich werden. — Mit Rücksicht auf diese Ausströmungsgefahr sind in den Wohnzimmern immer nur möglichst kurze, in Schlafzimmern gar keine Gasleitungen anzulegen. Unbenutzte Leitungen sollten in Wohnungen nicht geduldet werden.

Alle Beleuchtungsmaterialien mit Ausnahme des elektrischen Glühlichts verunreinigen ferner die Luft durch die Verbrennungsprodukte, welche bei ihrer Verwendung zur Beleuchtung entstehen. Vor allem werden Kohlensäure und Wasserdampf gebildet. Eine helle Petroleumlampe liefert die zirka zwölffache Menge Kohlensäure wie ein Mensch, dazu etwa die achtfache Menge von Wärme und Wasserdampf. Wie aus untenstehender Tabelle hervorgeht, verhält sich elektrisches Glühlicht und Gasglühlicht am günstigsten. Petroleum und Gas stehen sich ziemlich gleich. Kerzen sind wiederum am ungünstigsten.

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefert Kohlensäure pro Stunde:

Elektrisches Bogenlicht	Spur
Elektrisches Glühlicht	0
Gasglühlicht	0·12 kg
Leuchtgas, Argandbrenner	0·88 „
Petroleum, großer Rundbrenner	0·62 „
Petroleum, kleiner „	1·88 „
Stearinkerze	2·44 „

Nicht selten kommen dazu noch Produkte der unvollständigen Verbrennung; kleine Mengen von Kohlenoxydgas lassen sich fast stets in künstlich erleuchteten Räumen nachweisen. Eine starke Steigerung tritt bei schlechtem, rußendem Brennen der Flamme ein, wobei sich namentlich viel Kohlenoxydgas und Acroleïn entwickelt. Bei Gasbeleuchtung entsteht weit mehr schweflige Säure und Schwefelsäure als bei den übrigen Beleuchtungsmitteln; bei Gasbeleuchtung, besonders aber bei Kerzenbeleuchtung treten ferner meßbare Mengen von salpetriger Säure auf, gegen die manche Menschen besonders empfindlich zu sein scheinen.

6. Explosions- und Feuersgefahr. Bei Kerzen, Ölen, elektrischem Licht ist keinerlei Explosionsgefahr vorhanden. Bei Petroleum kann sie durch die Kontrolle des „Entflammungspunkts" vermieden werden, d. h. derjenigen Temperatur, bei welcher sich flammbare Gase entwickeln. Nach deutschem Gesetz soll dieser Punkt nicht unter 21° (in Österreich 30°) liegen, während die Anzündung und ein Verbrennen der Masse erst bei 43,3° eintreten soll. Diese Kontrolle geschieht mittels des Abelschen Petroleumprüfers. — Nur bei schlechter Lampenkonstruktion, z. B. bei metallenen Behältern, die sich auf über 30° erhitzen, oder z. B. dann, wenn eine Hängelampe von einer darunter angebrachten Tischlampe erhitzt wird, kann es jetzt noch eventuell zur Explosion kommen; ferner beim Auslöschen, wenn im Gefäß sehr wenig flüssiges Petroleum mehr vorhanden, aber viel Dampf angesammelt ist. Seit eine regelmäßige Petroleumprüfung eingeführt ist, geschehen Explosionen fast nur bei mißbräuchlicher Anwendung desselben, z. B. beim Eingießen in Feuer usw.

Durch Leuchtgas entsteht Explosionsgefahr, sobald infolge von Undichtigkeiten der Leitung, infolge falscher Stellung der Hähne oder verlöschender Flammen Gas ausgeströmt ist und das Gemenge von Luft und Gas mit einer Flamme in Berührung kommt. Im ganzen gewährt allerdings der charakteristische Geruch des Gases einigermaßen Schutz, da 2 Prozent Beimengung bereits durch den Geruch sicher erkannt wird, aber erst ein Gehalt von über 4 Prozent Leuchtgas explosiv ist. Zu beachten ist daher, daß Zimmer, in welchen über Nacht unbemerkt Gas ausströmen konnte, am Morgen nicht mit Licht betreten werden. Bei Gasgeruch sind sofort die Fenster zu öffnen, um eine unschädliche Verdünnung herzustellen. Von Wichtigkeit ist, daß nicht mehrere Flammen in einem Zimmer über Nacht brennen bleiben, da alsdann die eine verlöschen, die andere aber zur Anzündung des explosiven Gasgemisches dienen könnte. — Außerdem soll sich ausgeströmtes Gas an staubförmigen Körpern (Mehlstaub) kondensieren und zu den sogenannten Staubexplosionen Anlaß geben können.

Übrigens lassen sich an Gasbrennern Sicherheitsvorrichtungen anbringen, die z. B. aus einem mit dem Hahn verbundenen langen und schweren Hebelarm

bestehen, welcher bei brennender Flamme auf einer Unterlage ruht, dem aber beim Erlöschen der Flamme und beim Erkalten des Metalls die Unterlage entzogen wird, so daß der Arm herabfällt und den Hahn schließt.

7. Preis. Die Preisverhältnisse ergeben sich aus folgender Tabelle (nach F. Fischer), in welcher die Preise auf einheitlichen Konsum und einheitliche Leuchtkraft bezogen sind. Wie ersichtlich, ist Kerzenlicht weitaus am teuersten. — Über den Preis der elektrischen Beleuchtung im Vergleich mit der Gasbeleuchtung wird noch debattiert.

	Für die stündliche Erzeugung von 100 Normalkerzen sind erforderlich	
	Menge	Preis
Elektrisches Bogenlicht	0·09 bis 0·25 Pferdekr.	6 bis 12 Pfennige
„ Glühlicht	0·46 „ 0·85 „	15 „ 30 „
Leuchtgas, Siemenslampe . . .	0·35 bis 0·56 cbm	6 „ 10 „
„ Argandbrenner . . .	0·8 „ 2·0 „	14 „ 36 „
Petroleum, größter Rundbrenner .	0·2 kg	4 „
„ kleiner Flachbrenner .	0·6 „	12 „
Rüböl, Carcellampe	0·43 „	41 „
Paraffinkerzen	0·77 „	139 „
Talgkerzen	1·0 „	160 „
Stearinkerzen	0·92 „	166 „
Wachskerzen	0·77 „	308 „

Im ganzen erscheint vom hygienischen Standpunkt aus die elektrische Beleuchtung als die günstigste; und zwar für die Wohnung Glühlicht, das mit matten Gläsern ausreichend abgeblendet ist (nur ist wegen der Möglichkeit von Betriebsstörungen auf eine Reserve von Gas nicht zu verzichten); demnächst Gasglühlicht. — Über die sog. „indirekte Beleuchtung“ s. im Kap. „Schulen“.

Literatur: Wagner-Fischer, Handbuch der chemischen Technologie, 14. Aufl. — Foerster, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. 1884. — H. Cohn, Lehrb. der Hygiene des Auges. Wien 1892. — Derselbe, Über den Beleuchtungswert der Lampenglocken, Wiesbaden. 1885. — Schmidt und Haensch (Optische Werkstätten Berlin S.), Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch von L. Webers Photometer. — Weber, Beschreibung eines Raumwinkelmessers, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Oktober 1884. — H. Cohn, Ber. der Naturf. Vers. in München 1899. — Allg. med. Zentralz., 1901, Nr. 39—43. — Wingen, Das Schulhaus, 3. Jahrgang, Nr. 1. — Reichenbach, Gotschlich, Wolpert, Klinisches Jahrbuch 1902. — Thorner, Hygienische Rundschau 1903. — Rubner, Lehrb. d. Hyg., 6. Aufl., 1900. — Weber, Rosenboom und Kallmann, Beleuchtung in Weyls Handb. der Hygiene, 1895. — v. Esmarch, l. c.

VII. Entfernung der Abfallstoffe.

Während bei nomadisierenden Völkern und bei einer zerstreut wohnenden, Ackerbau treibenden Bevölkerung die Abfallstoffe leicht zu beseitigen sind und wenig oder gar nicht belästigen, treten in den Städten, in welchen größere Menschenmassen sich zusammendrängen und die Abfallstoffe sich stark anhäufen, vielfache Übelstände hervor. Schon von Alters her sehen wir daher in den großen Städten besondere Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe (Babylon, Rom). Je mehr und schneller in der Neuzeit die Städte anwachsen, um so allgemeiner wird das Bedürfnis nach solchen Maßregeln, und im Laufe der letzten Jahrzehnte ist die Frage der Städtereinigung vielfach in den Vordergrund der kommunalen Interessen getreten.

Obgleich somit bezüglich der Notwendigkeit irgendwelcher besonderer Maßregeln völlige Einigkeit herrscht, gehen die Meinungen über die zweckmäßigste Art und Weise der Entfernung der Abfallstoffe weit auseinander. Diese Divergenz der Ansichten ist um so begreiflicher, als sehr verschiedene Interessen und Gesichtspunkte bei der betreffenden Frage konkurrieren: teils das ästhetische Bedürfnis und das angeborene resp. anerzogene Ekelgefühl gegen die übelriechenden Abgänge; teils sanitäre Momente; teils die Kosten für die Fortschaffung; teils aber auch landwirtschaftliche und nationalökonomische Interessen. Die erstgenannten Gesichtspunkte erheischen eine möglichst rasche Entfernung der Abfallstoffe auf irgendeinem Wege, während dagegen die Landwirte die Abfallstoffe vorzugsweise als wertvollen Dünger betrachten, der unter allen Umständen unseren Feldern zum Zweck der Erzielung neuer Ernten erhalten werden muß.

Die Forderung der Landwirte darf indes für die Hygiene um so weniger maßgebend sein, als der Landwirtschaft in der Neuzeit bald diese, bald jene neuen reichen Quellen erschlossen werden, die in überraschender Weise einen Ersatz für die dem Boden entzogenen Nährstoffe bieten, z. B. der Guano, ferner die letzthin bei der Reinigung des Eisens als Nebenprodukt gewonnene Thomasschlacke u. a. m. Vielmehr werden wir daran festhalten müssen, die sanitären Gesichtspunkte in erste Linie zu stellen; sodann haben wir dem ästhetischen Bedürfnis Rechnung zu tragen, drittens sind die Kosten zu berücksichtigen und es ist womöglich eine zu starke Belastung der Kommunen zu vermeiden; und erst in letzter Instanz wird zu erwägen sein, ob ohne Schädigung der vorgenannten Interessen der Landwirtschaft Konzessionen gemacht werden können.

Wollen wir in diesem Sinne die Frage der Entfernung der Abfallstoffe erörtern, so haben wir uns zunächst über die Beschaffenheit der Abfallstoffe, ferner über die Art und Weise, wie dieselben Schädigungen der Gesundheit veranlassen können, zu orientieren, und sodann werden die verschiedenen Methoden zur Entfernung der Abfallstoffe darauf zu prüfen sein, ob und in wie weit sie den hygienischen Anforderungen entsprechen.

A. Die Beschaffenheit der Abfallstoffe.

Zu den Abfallstoffen rechnet man a) die menschlichen Exkremente; b) die Exkremente der Haustiere; c) das Hauswasser, bestehend aus dem Abwasser der Küche, dem zur Reinigung des Hauses, der Wäsche und des Körpers verwendeten Wasser; d) Abwässer von Schlachthäusern, Fabriken und industriellen Etablissements; e) den Hauskehricht, i. e. die festen Abgänge aus Küche und Haushalt, den Stubenkehricht, die Asche usw.; f) das von Dächern, Straßen, Höfen sich sammelnde Regenwasser; g) den Straßenkehricht; h) die Tierkadaver.

Pro Mensch und Jahr sind ungefähr 34 kg Kot, 400 kg Harn, 110 kg feste Küchenabfälle und Kehricht, 36000 kg Küchen- und Waschwasser in Ansatz zu bringen.

Alle diese Abfallstoffe enthalten:

1. Mineralische Stoffe, Kochsalz, Kaliumphosphat, Erdsalze. Die Fäzes haben einen Gehalt von 3·5 Prozent an Phosphaten, der Harn 0·5 Prozent. — Manche gewerbliche Abwässer führen mineralische Gifte, wie Blei, Arsen.

2. Organische, zum Teil stickstoffhaltige Substanzen. Speziell in den Fäzes finden sich 2·2 Prozent Stickstoff, im Harn 1·4 Prozent N. Große Mengen organischer Stoffe führen auch die Küchenabwässer, ferner die Abwässer aus Schlachthäusern, Gerbereien, Stärke- und Zuckerfabriken, Wollwäschereien usw.

3. Saprophytische Bakterien. Viele derselben finden in den organischen und anorganischen Stoffen der Abwässer ein ausgezeichnetes Nährmittel, vermehren sich massenhaft und bewirken lebhafte Zersetzung der organischen Stoffe, d. h. Gärung- und Fäulnisvorgänge. Besonders disponiert zu intensiver Fäulnis sind Mischungen von Harn und Fäzes, die Küchenwässer und die an organischem Material reichen gewerblichen Abwässer. Art und Menge der dabei auftretenden Produkte wechselt je nach den vorherrschenden Bakterien und nach den für diese vorhandenen Lebens- und Ernährungsbedingungen. — Aus Mischungen von Harn und Fäces pflegt schon bei relativ niederer Temperatur nach zwei Monaten die Hälfte des Stickstoffs in Ammoniumkarbonat übergeführt und verflüchtigt zu sein.

4. Pathogene Bakterien. Eiterkokken, die Erreger des malignen Ödems und des Tetanus, sind in den Abfallstoffen äußerst verbreitet; gelegentlich kommen auch Tuberkelbazillen, Pneumonie-, Diphtherie-, Typhus-, Cholerabazillen, Ruhrkeime u. a. m. vor. Selten, und dann wohl nur an schwimmenden Partikelchen fester Substanz, tritt eine nachträgliche Vermehrung dieser Bakterien ein. Schon die Art der Nährstoffe und die relativ niedrige Temperatur pflegt ihrer Entwickelung nicht günstig zu sein; vor allem aber wirken die ungeheuren Massen von stets vorhandenen Saprophyten teils durch Nährstoffentziehung, teils durch schädigende Stoffwechselprodukte hemmend auf die Entwickelung der Krankheitserreger. Resistentere Arten können jedoch Wochen und Monate in den Abfallstoffen konserviert werden. Ferner sind auch weniger resistente Arten imstande, sich länger zu halten oder gar zu vermehren, wenn sie in relativ großer Einsaat unter Abfallstoffe geraten.

Vielfach kommt in den Abwässern eine außerordentlich starke Verdünnung etwaiger Infektionsquellen zustande. Je hochgradiger diese Verdünnung ist und je rascher sie erfolgt, um so unschädlicher werden die betreffenden Abwässer sein.

In welcher Kategorie von Abfallstoffen sind nun vorzugsweise pathogene Bakterien enthalten?

Irrtümlicherweise nimmt man bisher vielfach an, daß die menschlichen Exkremente in dieser Beziehung weit gefährlicher seien, als die übrigen Abfallstoffe. — In den Fäzes finden sich eventuell Cholera-, Typhus-, Ruhrkeime und die Erreger anderer infektiöser Darmkrankheiten (Cholera nostras, Tuberkulose usw.); im Harn kommen Eiterkokken, Milzbrandbazillen, Typhusbazillen usw. vor. Die Hauswässer pflegen aber dieselben Bakterien zu enthalten, da der Inhalt gerade der von den Kranken benutzten Geschirre entweder ganz in die Ausgüsse für das Küchenwasser gelangt oder wenigstens teilweise bei der Reinigung der Geschirre. Daneben kommen in das Hauswasser beim Reinigen der Spucknäpfe, der Wäsche, der Krankenzimmer usw. noch Tuberkel-, Pneumonie-, Diphtheriebazillen, Eiterkokken, die Erreger der Exantheme usw. — kurz, ziemlich alles, was es von Infektionserregern gibt. Die Hauswässer sind also als gefährlicher, mindestens aber als ebenso gefährlich wie die Fäkalien anzusehen.

Gelegentlich können auch die Abwässer aus Schlächtereien, sowie aus solchen Gewerbebetrieben, welche Lumpen, Felle, Haare oder tierische Abfälle verarbeiten, infektiöse Bakterien aufnehmen.

In den Stubenkehricht gelangen zwar Tuberkelbazillen, Staphylokokken, die Erreger der akuten Exantheme u. a. m. mit dem Staub der

Krankenzimmer. Aber die meisten dieser Keime werden durch das Austrocknen geschwächt, so daß die vom Kehricht ausgehende Infektionsgefahr relativ gering ist.

Die Regenwässer und der Straßenkehricht werden seltener zahlreiche Infektionserreger enthalten. Dieselben werden namentlich dann Berücksichtigung erheischen, wenn von engen Höfen und Straßen aufgehäufte Massen von Abfallstoffen aus einer der vorgenannten Kategorien abgekehrt oder abgeschwemmt werden.

B. Gesundheitsschädigungen durch die Abfallstoffe.

Die Gefahren der Abfallstoffe bestehen

1. darin, daß sie infolge der in ihnen ablaufenden Fäulnisvorgänge gasförmige Verunreinigungen in die Luft liefern.

Vor allem kommt es leicht zur Verunreinigung der Wohnungsluft. 1 cbm Abtrittsjauche vermag in 24 Stunden etwa 18 cbm Gase zu liefern; darunter 10 cbm flüchtige Fettsäuren und Kohlenwasserstoffe, 5—6 cbm Kohlensäure; 2—3 cbm Ammoniak, 20 Liter Schwefelwasserstoff. Bei unzweckmäßigen Abort- und Kanalanlagen findet namentlich in der Heizperiode ein lebhaftes Einströmen von Luft aus den Jauchegruben ins Wohnhaus statt; direkte Bestimmungen ergaben in 24 Stunden eine Förderung von 200—1200 cbm Luft, die reichliche Mengen Jauchegas enthielt.

Im Freien wird die Luft durch offene Kanäle, Fäkaldepots, Flüsse oder Bodenflächen, welche zur Aufnahme der Abfallstoffe dienen, oft in hohem Grade verunreinigt.

Die Bedeutung dieser Luftverunreinigung ist S. 84 dargelegt. Eine toxische Wirkung der Jauchegase wird nur beim Grubenräumen, in nicht ventilierten Kanälen oder bei völlig vernachlässigten Abortanlagen beobachtet, wenn die Luft durch die Gase zu einem erheblichen Teil verdrängt ist. Für gewöhnlich ist die Konzentration der giftigen Jauchegase auch in der Wohnungsluft viel zu gering, um Vergiftungserscheinungen hervorrufen zu können.

Noch viel weniger sind die gasförmigen Produkte der Abfallstoffe imstande, Infektionen hervorzurufen. Fälschlicherweise wird allerdings gerade in diesen Emanationen vielfach noch die eigentliche Gefahr der Abfallstoffe gesehen. Riechende Abort- oder Kanalgase werden von manchen Ärzten und Laien, namentlich in England, in völlig kritikloser Weise und unter Ignorierung der neuen Forschungsresultate als Ursache von Typhus, Diphtherie, Erysipel, Puerperalfieber usw. angeschuldigt. Die völlige Unhaltbarkeit derartiger Anschauungen ist bereits oben ausführlicher erörtert worden.

Dagegen rufen die von den Abfallstoffen herrührenden übelriechenden Gase in ausgesprochenster Weise die S. 84 geschilderten Erscheinungen, namentlich Ekelgefühl, hervor, und sind außerdem nicht selten das Zeichen einer mangelhaften Reinlichkeit und insofern Symptom einer gewissen Infektionsgefahr.

2. Die Abfallstoffe liefern eine große Menge *organischer, fäulnisfähiger Stoffe*, und eventuell mineralische *Gifte* in den Boden in das Grundwasser resp. in die Flüsse.

Wird das Grundwasser oder Flußwasser als *Trink-* oder *Brauchwasser* benutzt, so können die hineingelangten organischen Abfallstoffe die Benutzbarkeit desselben hindern, weil es alsdann nicht mehr den S. 133 aufgestellten Anforderungen bezüglich der Appetitlichkeit, Klarheit, Geruchlosigkeit usw. entspricht.

Ferner kann ein *Boden* so stark mit Abfallstoffen imprägniert werden, daß er zu üblen Gerüchen Anlaß gibt und daß wiederum das in seiner Tiefe befindliche Grundwasser stark verunreinigt wird. — Im übrigen ist die Bedeutung der Verunreinigung des Wassers und Bodens durch organische Stoffe früher weit überschätzt. Es ist oben dargelegt worden, daß ein reichlicher Gehalt des Wassers und Bodens an organischer Substanz an und für sich für die Frequenz infektiöser Krankheiten belanglos ist.

3. Die Abfallstoffe vermitteln die *Verbreitung von Infektionserregern*. Die Ausbreitung kann namentlich erfolgen, wenn *innerhalb der Wohnung* resp. *in der Nähe* derselben sich *offene* Lager von Abfallstoffen vorfinden (verschmutzte Höfe, offene Rinnsteine usw.). Die Übertragung kann dann in der verschiedensten Weise, durch Menschen (namentlich spielende *Kinder*), Insekten, Luftströmungen, Gerätschaften, Haustiere usw. geschehen. — Oder die Ausbreitung wird von der weiteren Umgebung der Wohnung aus vermittelt: von der Bodenoberfläche (Garten und Gemüseland) aus; durch Abwässer, die in gegrabene, benutzte *Brunnen* gelangen, namentlich bei Überschwemmungen; oder durch offene Straßenrinnsteine, oder durch Bäche oder *Flüsse*, welche einerseits Abfallstoffe aufnehmen, andererseits zum Trinken, Waschen, Spülen oder Baden dienen; selten durch verstäubten oder verschleppten Kehricht.

Bestehen Einrichtungen, um *alle* Abfallstoffe möglichst schnell aus der Wohnung und dem Bereich der Menschen fortzuschaffen, werden ferner die Infektionsquellen in den Abwässern außerordentlich stark verdünnt, und gelangen diese dann in tiefere Bodenschichten oder wenig benutzte Flüsse oder werden sie mit bakterientötenden bezw.

bakterienabscheidenden Mitteln behandelt, so sinkt die Möglichkeit einer Infektion durch Abfallstoffe auf das geringste Maß.

Für manche Krankheiten, namentlich für Typhus, Cholera, Ruhr usw., wird durch solche Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe ein großer Teil aller in Betracht kommender Infektionsquellen beseitigt und die Verbreitung sehr wesentlich gehindert werden. Für viele andere Krankheiten, z. B. die akuten Exantheme, stellt die Verbreitung der Erreger durch die Abfallstoffe einen relativ selten betretenen Weg dar, und hier werden daher Infektionen nicht in gleichem Maße seltener werden, trotz bester Anlagen zur sogenannten Städtereinigung.

Auf Grund vorstehender Erörterungen wird ein zweckentsprechendes System zur Entfernung der Abfallstoffe folgendes leisten müssen:

1. In erster Linie ist es erforderlich, daß die Abfallstoffe so schnell und vollständig wie möglich aus den menschlichen Wohnungen und aus dem Bereich empfänglicher Menschen entfernt werden, bezw. daß ihnen durch Abtötung der Bakterien die Infektionsgefahr genommen und durch besondere Vorkehrungen die Verbreitung übeler Gerüche unmöglich gemacht wird.

2. Nachdem dieser unbedingt wichtigsten hygienischen Forderung genügt ist, muß darauf geachtet werden, daß die Abfallstoffe außerhalb der Wohnstätten nicht unverändert in Flüsse oder auf Bodenflächen u. dgl. gelangen, von denen aus Kommunikationen mit zahlreicheren Menschen bestehen, sondern erst nach solcher Vorbehandlung, daß keine Infektionsgefahr und keine Geruchbelästigung mehr durch sie verursacht wird. Außerdem ist beim Einlaß in Wasserläufe zu berücksichtigen, ob auch die Fischzucht nicht durch die Abwässer Schaden leidet.

3. Sollen unästhetische Eindrücke tunlichst vermieden werden.

4. Unter den Systemen, welche vorstehende Bedingungen erfüllen, ist das billigste das empfehlenswerteste.

5. Bei sonstiger Gleichwertigkeit ist einem Verfahren, welches eine landwirtschaftliche Verwertung der Abfallstoffe gestattet, der Vorzug zu geben.

C. Die einzelnen Systeme zur Entfernung der Abfallstoffe.

Man unterscheidet 1. solche Systeme, welche mit lokalen Sammelstätten ohne unterirdische, kommunizierende Kanäle arbeiten und vorzugsweise die Fäkalien beseitigen, sogenannte Abfuhrsysteme; dahin gehört das Grubensystem, das Tonnensystem und die Abfuhr mit Präparation der Fäkalien.

2. Solche Einrichtungen, bei welchen die Fäkalien oder auch die sämtlichen Abwässer durch ein unterirdisches Kanalnetz gemeinsam für größere Komplexe von Häusern fortgeschafft werden, Kanalsysteme; zu letzteren gehört die Schwemmkanalisation und die sogenannten Separations- oder Trennungssysteme. — Kehricht und Tierkadaver werden bei allen Systemen gesondert behandelt.

1. Abfuhrsysteme.

Das Grubensystem.

Die Fäkalien werden in einer nahe am Hause gelegenen Grube gesammelt und von dort zeitweise abgefahren. — An den meisten Orten bestehen besondere Vorschriften für die Anlage und Konstruktion der Gruben.

Dieselben sollen nicht zu groß sein, höchstens 2—5 cbm Inhalt haben, ferner in einem Abstand von mindestens 15 m vom Brunnen angelegt werden und durch eine besondere Mauer und Lehmschicht von der Fundamentmauer des Hauses getrennt sein. — Sind die Gruben durchlässig, so erfolgt leicht eine Übersättigung des Bodens mit Abfallstoffen, die zur Entwickelung fauliger Gerüche führt. Eine völlige Dichtung der Grube ist indes schwer herzustellen. Unter dem Einfluß des Ammoniumkarbonats der Jauche wird selbst Zementmörtel allmählich angegriffen und die anfangs dichte Grube wird insuffizient. Am besten ist es, die Gruben zwischen zwei Steinlagen mit einer dicken Ton- oder Lehmschicht zu umgeben. Man verhindert dadurch wenigstens eine Übersättigung des Bodens, verhindert aber nicht, daß bei dichter Bebauung das Grundwasser allmählich verunreinigt und unappetitlich wird.

Die Gruben sollen ferner wasser- und luftdicht gedeckt sein; am besten mit einer Eisenplatte, oder mit Bretterlage und darüber mit einer starken Lehmschicht. — Das Fallrohr soll aus einem innen sehr glatten, undurchlässigen Material, z. B. aus glasiertem Ton oder emailliertem Eisen bestehen. Kommen Abzweigungen vor, so sollen Seiten- und Hauptrohr höchstens einen Winkel von 25—28° bilden. — Der Querschnitt soll eiförmig, die Hinterwand des Sitztrichters vertikal und etwas zurückweichend, die Vorderseite stark geneigt und keinesfalls bauchig sein.

In jedem Falle ist eine Ventilation der Grube erforderlich, damit die Gruben- und Abtrittsgase nicht ins Haus eindringen. Wenn die Grube undicht gedeckt oder mit sogenanntem Dunstrohr versehen ist, pflegen sich regelmäßig starke Strömungen in das Haus hinein herzustellen. Es muß versucht werden, die Gase durch einen Schlot über Dach zu leiten, der an den Küchenkamin angrenzt und daher auch im Sommer warm bleibt; oder aber durch besondere Feuerungen oder Gasflammen einen Motor herzustellen. Völlig unzulässig ist es, die Gase direkt in einen Kamin einzuleiten; es findet dann unter Umständen (namentlich im Sommer und Herbst) eine Umkehr des

Stroms und massenhaftes Eindringen der verunreinigten Luft in die Zimmer statt.

Am meisten empfiehlt sich das Pettenkofersche Ventilationsverfahren. Das Fallrohr wird, ohne den Querschnitt zu verengern, bis über das Dach hinaufgeführt und erhält dort einen Aspirationsaufsatz. So viel als möglich wird es während seines ganzen Verlaufs an einen Küchenkamin angelegt, von welchem es durch eine eiserne Platte geschieden ist; oder es werden in der oberen Verlängerung des Rohres Gasflammen angebracht. Die Sitzöffnung soll für gewöhnlich bedeckt sein. Es stellt sich dann geradezu eine Art Vakuum her, so daß die Luft kräftig in den Sitz hinein- und zum Dache herausströmt, sobald der Deckel abgenommen wird.

Nach d'Arcet soll ein besonderes Ventilationsrohr von der Grube aus über Dach geführt und an einen Küchenschornstein angelehnt resp. durch Feuerung oder Gas erwärmt werden. Die Sitze sollen dann beständig offen bleiben und ein fortwährender Luftstrom soll durch letztere hinab in die Grube und von da durch das Ventilationsrohr zum Dache hinaus unterhalten werden. Sind wirklich kräftige Feuerungen vorhanden und ist der Verschluß der Grube völlig dicht, so leistet diese Ventilation sehr gutes (so in manchen öffentlichen Anstalten). Sobald aber der Motor nachläßt oder Nebenöffnungen am Grubenverschluß entstehen, kann es eventuell zu einer Umkehr der Stromrichtung resp. zu einer Ausschaltung des Fallrohrs kommen. Die erstgenannte Methode ist daher im allgemeinen vorzuziehen. — Versuche, den Raum, in welchem sich der Abort befindet, nicht aber Sitz und Fallrohr selbst zu ventilieren, sind beim Grubensystem stets ungenügend ausgefallen.

Von Zeit zu Zeit — in manchen Städten alle 4 Wochen, in anderen einmal im Jahr — müssen die Gruben geräumt werden. Damit hierbei nicht hygienische Nachteile oder eine Belästigung durch Gerüche eintritt, sind Apparate in Aufnahme gekommen, mittels welcher der Grubeninhalt in einen luftleer gemachten Kessel aspiriert und dann abgefahren wird. Die Grubengase werden verbrannt, und es ist in dieser Weise eine fast völlige Geruchlosigkeit zu erzielen. Die Räumung soll, der besseren Kontrolle wegen, nur am Tage geschehen.

Das Urteil über den hygienischen Wert des Grubensystems richtet sich offenbar ganz nach der Art der Ausführung desselben.

Erfolgt die Konstruktion der Grube, die Ventilation des Fallrohrs, die Desodorisierung und die Räumung nach den oben gegebenen Vorschriften und wird das Grundwasser nicht zur Wasserversorgung benutzt, so ist vom hygienischen Standpunkt kaum ein Einwand gegen das Grubensystem zu erheben.

Vor allem ist die durch dieses System gebotene Infektionsgefahr sehr gering. Gelangen infektiöse Dejektionen in den Abort, so ist keine Gelegenheit zur Verbreitung der Infektionserreger gegeben, insbesondere auch nicht durch die Luft, weil der Inhalt der Grube und des Fallrohrs keine staubtrockene Beschaffenheit annimmt. — Höch-

stens bei der Räumung könnten Krankheitserreger verschleppt werden; aber auch das ist bei geschultem Personal und dichten Abfuhrwagen leicht zu vermeiden.

Übele Gerüche lassen sich bei vorschriftsmäßiger Anlage fern halten. Wird durch eine Wasserleitung Wasser von außerhalb zugeführt, so ist auch von der unvermeidlichen mäßigen Bodenverunreinigung nichts zu fürchten, und ein Grubensystem ist unter solchen Verhältnissen entschieden hygienisch zulässig; dabei ist es relativ billig, trägt den Forderungen der Landwirte Rechnung und entspricht nur unserem ästhetischen Bedürfnis nicht so gut wie einige andere Systeme.

Allerdings muß das Grubensystem vollständig verworfen werden, wenn die oben begründeten Vorschriften für die Konstruktionen und den Betrieb der Gruben nicht eingehalten werden. Das ist namentlich in kleinen Städten der Fall. Die Gruben findet man dort so durchlässig, daß sie den Boden in kolossalem Grade verunreinigen; sie sind ungenügend gedeckt und führen massenhaft Gerüche ins Haus; die Fallrohre haben schlechte Neigung, sind aus porösem Material. Die Räumung geschieht Nachts durch Ausschöpfen unter furchtbarer Verpestung der Luft und in durchlässigen Wagen, so daß der Inhalt auf der umgebenden Bodenoberfläche sowie auf dem ganzen Transportwege verbreitet wird.

Weitere Verwendung des Grubeninhalts. Die abgefahrenen Massen werden meist in der nächsten Umgegend direkt als Dünger verwendet. — Ein Transport auf weitere Strecken mit der Eisenbahn rentiert sich nur in großen, etwa 3 cbm fassenden Behältern, in welche die kleineren Behälter umgefüllt werden müssen. Bei größeren Städten kann häufig nicht die ganze Abfuhr sofort untergebracht werden, und es werden daher Depots, d. h. Sammelgruben von zirka 100 cbm Inhalt, außerhalb der Stadt angelegt, von wo der Dünger in kleineren Quantitäten durch Landwirte abgeholt wird.

Soll der Grubeninhalt zu Poudrette verarbeitet werden, so ist vor allem das Wasser der gesammelten Fäkalien zu entfernen. Das früher versuchte Abdunstenlassen in großen Teichen führte zu enormer Verunreinigung der Luft. Anwendung künstlicher Wärme wurde zuerst in England versucht. Die mit Asche versetzten Fäkalien werden unter Zusatz von SO_4H_2 unter Rühren erhitzt, das braune Kondenswasser wird in den Fluß geleitet, die Gase verbrannt; die restierende Poudrette als Dünger verkauft. — Von Buhl & Keller, Podewils u. a. sind Modifikationen des Verfahrens empfohlen; aber keins derselben hat sich bisher in der Praxis als rentabel erwiesen.

Das Tonnensystem.

Statt der Aufsammlung der Fäkalien in Gruben hat man es für empfehlenswerter gehalten, in einem zugänglichen Raume kleine, leicht transportable Behälter aufzustellen und diese häufig (an jedem dritten bis achten Tage) zu wechseln, d. h. den vollen Behälter nach einem Depot fortzuschaffen und dort zu entleeren, und statt dessen einen anderen einzustellen.

Die Tonnen stehen am besten zu ebener Erde, in kleinen, gut gemauerten und mit wasserdichtem Fußboden (Zement, Asphalt) versehenen Kammern, die durch eine Tür von außen zugänglich sind; bei alten Gebäuden auch wohl in den alten Gruben, doch ist dann der Transport der Fässer schwierig.

Die Behälter, sogenannte „Heidelberger Tonnen“, waren früher von Holz, innen verkohlt und geteert (Petroleumfässer); jetzt benutzt man gewöhnlich stehende Zylinder aus verzinntem Eisenblech. Der Inhalt beträgt für Privathäuser 105—110 Liter, selten bis 300 Liter. — Die Fallrohre sollen möglichst dicht in die Tonnen eingefügt sein; dazu dient ein doppelter gußeiserner Ring,

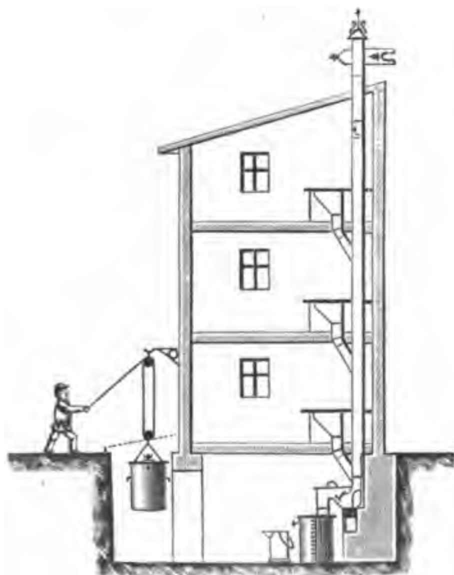


Fig. 81. Profil eines Hauses mit Tonnenabfuhr.

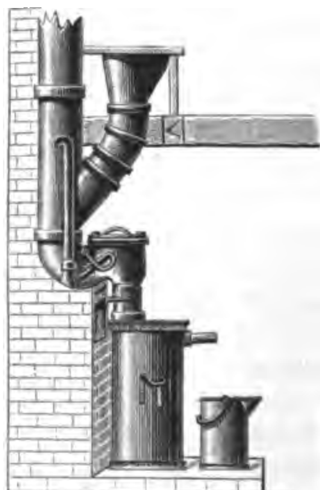


Fig. 82. Heidelberger Tonne, mit Fallrohr, Syphon und Überlaufeimer.

zwischen welche das Ende des Fallrohrs paßt. — An den Seiten befinden sich Henkel, unter die sich bequem Tragen oder zweirädrigen Karren unterschieben lassen.

Ventilation der Kübel erfolgt am besten dadurch, daß das Fallrohr über Dach verlängert und dort mit Aspirationsaufsatz versehen wird (Fig. 81).

Außerdem ist bei den Heidelberger Tonnen ein Syphon angebracht, ein gebogenes Eisenrohr, das sich mit frischen Fäkalien füllt, aber den Aufstieg

von Gasen aus der Tonne hindert. Damit der Syphon sich nicht verstopft, ist eine bewegliche Zunge vorgesehen, die von außen durch Kurbel bewegt werden kann. Ferner ist unter dem Syphon Platz für eine Lampe, um eventuell das Einfrieren hindern zu können, wozu übrigens auch Umwickeln der Rohre mit Schlackenwolle usw. ausreicht. — Jede Tonne hat einen Überlauf, der in einen vorgestellten Eimer führt (s. Fig. 82).

Die abgefahrenen Tonnen können in kleineren Städten und im Sommer gleich auf den Feldern entleert werden. In großen Städten müssen Fäkaldepots angelegt oder der Inhalt muß zu Poudrette verarbeitet werden. Zuweilen hat man, um nur die Massen los zu werden, den Kübelinhalt resp. den Depotinhalt in Flüsse schütten müssen.

Die Kosten betragen für Anschaffung von zwei Kübeln mit Syphon zirka 200 Mark; für jede Abfuhr 12—20 Pfennige. Für den Kübelinhalt werden bis zu 20 Pfennige pro Liter gezahlt, jedoch nur, wenn keine Verdünnung mit Wasser stattgefunden hat und Bedarf vorhanden ist.

Das Tonnensystem wird vielfach als hygienisch dem Grubensystem überlegen hingestellt, weil den frischen Fäkalien nur ein kurzer Aufenthalt im Hause gestattet wird und von diesen keine Infektionsgefahr ausgehen soll; namentlich aber deshalb, weil beim Tonnensystem der Boden ganz frei von organischer Substanz gehalten und damit angeblich ungeeignet für die Ausbreitung von Epidemien gemacht wird. — Diese Anschauungen sind indes jetzt als in jeder Beziehung unrichtig erwiesen. Gerade die frischen Fäkalien sind besonders infektionsverdächtig und verlangen vorsichtigste Behandlung; und die Verunreinigung der tieferen Bodenschichten hat nach unseren heutigen Anschauungen keinen Einfluß auf die Entstehung und Ausbreitung von Epidemien.

Vergleicht man ein gut ausgeführtes Gruben- und ein gleichfalls vorschriftsmäßig betriebenes Tonnensystem, so zeigt letzteres nur geringe Vorteile. Die Gefahr einer Verbreitung von Infektionskeimen ist um so größer, je häufiger der Wechsel und die Entleerung der Tonnen erfolgt. Bei dem steten Transportieren zahlreicher Kübel ist eine Beschmutzung der Bodenoberfläche usw. sehr leicht; wird der frische, infektiöse Inhalt auf benachbarte Felder und Gemüseländereien entleert, so kann eine lange Konservierung der Infektionserreger stattfinden und zur Weiterverbreitung ist die reichlichste Gelegenheit geboten. Eine entschiedene Gefahr liegt auch darin, daß ein Haus nicht stets dieselben Kübel benutzt, sondern daß diese von Haus zu Haus gewechselt werden. Die Kübel sollten daher nach der Entleerung nicht nur gereinigt, sondern auch desinfiziert werden, was z. B. in Greifswald durch ein Gemisch von warmem Wasser und gespanntem Dampf geschieht.

Bei schlechtem Betrieb ist das Tonnensystem bedenklicher als ein mangelhaftes Grubensystem. Namentlich kommt es oft zum Überlaufen der Tonnen in solchem Maße, daß auch die vorgestellten Eimer nicht ausreichen, sondern der Boden des betreffenden Raumes mit Jauche bedeckt wird. Eine derartige Verunreinigung findet man bei Revisionen um so häufiger, als die Dimensionen der Tonne auf das Fernhalten aller Flüssigkeiten zugeschnitten werden, damit der Kübelinhalt hinreichend konzentriert sei und den Transport lohne. Viel-

fache Übertretungen des Verbots, Flüssigkeiten einzugießen, sind aber selbstverständlich. Dadurch kommt es dann zu üblen Gerüchen und eventuell zu Infektionsquellen innerhalb des Hauses.

Für ausgedehnteren Betrieb in größeren Städten ist daher das Tonnensystem nicht geeignet. Verwendbar ist es für kleine Städte mit leichtem Absatz der abgefahrenen Fäkalien; ferner für einzelne etwa schwer zu kanalisierende Teile einer großen Stadt. Stets ist aber strenge Kontrolle durch zahlreiche Aufsichtsbeamte erforderlich — Für kleinere Familienhäuser, für kleinere Häusergruppen, wo keine Einrichtungen für pneumatische Entleerung der Gruben bestehen, und für einzelne öffentliche Anstalten mit gutem Aufsichtspersonal ist das Tonnensystem besonders indiziert und dem Grubensystem vorzuziehen.

Abfuhr mit Präparation der Fäkalien.

Häufig wird eine Desinfektion oder eine Desodorisierung des Gruben- und Tonneninhalts versucht. Beide Prozeduren sind nicht zu verwechseln. Mit der Desinfektion streben wir eine Tötung der Infektionskeime an; eine solche läßt sich in einfachster und billigster Weise erreichen durch bestimmte Mengen Ätzkalk, Chlorkalk oder Mineralsäuren (s. Kap. IX).

Bei der Desodorisierung sucht man dagegen entweder die gebildeten übelriechenden Gase zu beseitigen bezw. am Entweichen zu hindern, oder im faulenden Substrat die Zersetzungserreger abzutöten; oder das Fäulnismaterial für weitere Zersetzung ungeeignet zu machen. Meist kommen kombinierte Wirkungen zustande.

Angewendet werden von Chemikalien namentlich Eisenvitriol und rohes Manganchlorür, welche die riechenden Gase binden und zugleich die Entwickelung der Fäulnisbakterien hemmen.

Beide binden Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium, ferner durch die stets vorhandene freie Säure Ammoniak. Der Säureüberschuß wirkt außerdem kräftig bakterienhemmend. In Fällen, wo flüchtige Fettsäuren prävalieren (z. B. in Rübenschnitzel-Gruben) würde statt dieser sauren Chemikalien Ätzkalk zur Desodorisierung zu verwenden sein. — Stagnierender Pferdeharn, der hauptsächlich Ammoniumkarbonat entwickelt, ist am besten durch Gipspulver zu desodorisieren. — Auch rohes Kaliumpermanganat ist als Desodorans geeignet. Dasselbe wirkt energisch auf die Bakterien, oxydiert Schwefelwasserstoff und andere übelriechende Stoffe, und das entstehende Manganoxyd bindet außerdem Schwefelammonium. Die Kosten der drei genannten Substanzen sind sehr gering; ein Kilo Eisenvitriol kostet etwa 5 Pfennige, Manganchlorür 40 Pfennige, Kaliumpermanganat 50 Pfennige.

Besonders hervorgehoben sei noch, daß die Karbolsäure zur Desodorisierung gänzlich ungeeignet ist, sie ist nicht imstande, die riechenden Gase zu binden oder zu beseitigen und vermag eine Entwickelungshemmung

der Bakterien erst bei so hoher Konzentration zu veranlassen, wie sie gegenüber den Abfallstoffen niemals zur Verwendung gelangt.

Die Chemikalien sind neuerdings mehr und mehr verdrängt durch poröse, feinpulverige Substanzen, welche durch Flächenattraktion die riechenden Gase binden, außerdem rasch Feuchtigkeit absorbieren und Oxydation veranlassen. Dahin gehören z. B. gepulverte Holzkohle, trockene Erde, Asche und als brauchbarstes Mittel Torfstreu.

Das sogenannte Erdklosett ist am längsten bekannt und ist namentlich in England und Indien viel angewendet. Lehmige oder tonige Gartenerde wird in völlig trockenem Zustand mit den Fäkalien gemengt; für eine Defäkation von 120 g Fäzes und 300 g Harn sind $^3/_4$—1 kg Erde erforderlich. Das Wasser wird sofort aufgesogen, die Gase werden absorbiert und dann beginnt in dem porösen Boden Verwesung und Mineralisierung der organischen Stoffe unter Beihilfe zahlreichster Bakterien. Nach beendeter Mineralisierung ist die Erde aufs Neue brauchbar. Zum Aschenklosett wird Asche benutzt, die von den Kohlenrückständen abgesiebt ist, und der etwas gepulverte Kohle beigemengt wird. Die Wirkung ist ähnlich, aber die Mineralisierung nicht so vollständig wie bei den Erdklosetts.

Beide vorgenannten Methoden sind jetzt verdrängt durch die Torfstreuklosetts, weil von der Torfstreu weniger Masse zur vollständigen Desodorisierung nötig ist und weil dieselbe sehr leicht und in kompakter Form transportabel ist. Der sog. „Torfmull“ vermag zirka das Achtfache seines Gewichts an Wasser aufzusaugen. Für 150 g Fäzes und 1200 ccm Harn, d. h. pro Mensch und Tag, sind 155 g Torfmull nötig; für eine Entleerung von 150 g Fäzes + 30 g Harn = 50 g, also 20 mal weniger dem Gewicht nach als von Erde erforderlich ist. — Dabei kosten 100 g nur 3—4 Mark. — Entweder wird die Torfstreu jedes Mal eingeschüttet, oder es sind Klosetts mit automatischem Betriebe eingeführt (Bischleb & Kleukers, Poppes Klosett).

Der Torfmull übt vermöge seiner saueren Reaktion auch eine gewisse bakterientötende Wirkung aus. Dieselbe ist aber selbst Cholerabazillen gegenüber langsam und unvollkommen; Typhusbazillen bleiben im Torfmull lange lebensfähig. Wohl aber läßt sich der Torfmull durch Zusatz von Schwefelsäure oder sauren Salzen (Kainit) in ein Desinfiziens verwandeln, das Cholera- und Typhusbazillen in kurzer Zeit abtötet; die desodorisierende Wirkung bleibt dabei ungeschwächt (Fränkel). — Zu widerraten ist ein Zusatz von Karbol; derselbe hat erst bei viel stärkerer Konzentration desinfizierende Wirkung und bewirkt nur unangenehmen Geruch.

Das Tonnensystem mit Torfstreu ist für kleiner Häuser und manche öffentliche Anstalten besonders empfehlenswert

Eine mechanische Absperrung gegen Gerüche hat man anzuwenden versucht z. B. dadurch, daß eine Art von Wasserverschluß (richtiger Jaucheverschluß) das Entweichen größerer Gasmengen aus dem Fallrohr hindert; die dichten Fäkalbehälter sind stets gefüllt und lassen beim neuen Zutritt von Fäkalien eine entsprechende Menge Inhalt austreten (Verfahren von Goldner, Mouras). Bei dem Paglianischen System kann außerdem nach Bedarf ein Teil des Grubeninhalts entleert werden und noch eine mit Torf gefüllte Grube passieren (Vgl. im folgenden „Klärgruben“).

Bei Pissoiranlagen läßt sich durch einen Ölverschluß oder durch Saprol,

das sich auf die Oberfläche auflagert, die Geruchsentwickelung vermeiden. Wände und Boden werden mit Mineralölmischung abgerieben; unter den Becken befinden sich glockenförmige Syphons, in denen immer eine Öl- oder Saprolschicht an der Oberfläche schwimmt.

Einige Modifikationen der vorbeschriebenen Systeme sind aus dem Bestreben hervorgegangen, einen gewissen Wasserverbrauch zur Spülung und Reinhaltung der Klosetts zu gestatten, trotzdem aber die Abfuhr rentabel zu machen. Man hat dies 1. durch Trennung von flüssigen und festen Teilen, 2. durch Zusatz gewisser Chemikalien und Einschaltung von Klärgruben zu erreichen gesucht. Durch die Chemikalien sucht man vielfach nebenbei noch eine desodorisierende oder desinfizierende Wirkung zu erzielen.

Die am meisten gebrauchten Mittel sind Ätzkalk oder Magnesia, oder sauer reagierende Eisensalze bezw. Aluminiumsulfat (Mangan-Zinksalze). Ihre Wirkung besteht darin, das voluminöse Niederschläge in der Jauche entstehen, welche einen großen Teil der landwirtschaftlich verwertbaren Bestandteile enthalten.

Im Harn findet sich saures Calciumphosphat und Calciumcarbonat; durch Zusatz von Ätzkalk entsteht unlöslicher basisch phosphorsaurer Kalk und Calciumkarbonat; Magnesiazusatz führt zur Bildung von Tripelphosphat. Treffen Eisen- oder Aluminiumsulfat mit alkalischen Substanzen (Ammoniumkarbonat) zusammen, so entstehen sehr voluminöse Fällungen von Eisenhydrat und Tonerdehydrat. Eisensulfat bindet außerdem Schwefelammonium. — Mit geringfügigen Abweichungen sind diese Chemikalien bei allen Präparationsverfahren verwendet. Zuweilen werden noch weitere Niederschläge bewirkt z. B. durch Zusatz von sauren Phosphaten oder von Kieselsäurehydrat usw., vgl. S. 407.

Trennung von Harn und Fäzes. Der Kot wird z. B. durch eine fast vertikal stehende durchlöcherte Scheidewand im Klosett zurückgehalten. Im schwedischen Luftklosett ist eine besondere Rinne für den Harn und ein anderer Behälter für die Fäzes bestimmt. — In größerem Umfang sind alle diese Klosetts nicht verwendbar; sie entsprechen zu wenig den hygienischen und ästhetischen Anforderungen und genügen auch den Ansprüchen des Landwirts nicht, weil der für die Düngung wertvollere Teil der Exkremente, der Harn, gewöhnlich unberücksichtigt bleibt. — Auch eine Trennung von Harn und Kot in der Grube dadurch, daß am Boden derselben Siebe oder poröse Steinlagen angebracht werden, durch welche die flüssigen Teile abfließen, hat sich wenig bewährt.

Klärgruben. Die Fäkalien werden auf den Boden einer größeren Grube geleitet. In dieselbe Grube werden die chemischen Zusätze gebracht; es bilden sich starke Niederschläge und setzen sich am Boden ab; die geklärte Flüssigkeit fließt oben mittels eines Überlaufs in eine zweite kleinere Grube; und von dieser in Rinnsalen, oberflächlichen Thonrohrkanälen usw. in einen Flußlauf. — Viele Systeme, z. B.:

Süverns Verfahren. 100 Teile Kalk werden mit 300 Teilen Wasser gelöscht, dem heißen Brei werden 5 Teile Teer und 33 Teile Magnesiumchlorid

zugesetzt, dann auf 1000 aufgefüllt. Mit dieser Masse werden die Fäkalien in Gruben versetzt; nach dem Absetzen des Niederschlags läßt man die Flüssigkeit oberflächlich ablaufen, der Niederschlag wird abgefahren. Ohne reichlichen Kalküberschuß ist der Ablauf des Klärwassers nicht zu gestatten.

A.-B.-C.-Prozeß, in England (z. B. Leeds) eingeführt. Mischung von Alaun, Blut, Kohle, Magnesia resp. Dolomit (Alum, Blood, Clay). Behandlung der Fäkalien ähnlich wie beim SÜVERNschen Verfahren.

FRIEDRICHS Verfahren. Ein Gemenge von Tonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Kalkhydrat, und Karbolsäure befindet sich in einem Kasten, durch welchen das Wasser zum Klosett strömt. Eine besondere Einrichtung bewirkt, daß bei jedem Durchströmen ein Aufwallen und Ausspülen von Desinfektionsmasse erfolgt. Die mit Desinfektionswasser gemischten Fäkalien werden in eine zementierte Grube geleitet, setzen sich dort ab, und die gereinigte klare obere Flüssigkeit kann in Kanäle, Rinnsteine oder in den Boden durch Stauventile periodisch abgelassen werden. Die Schlammasse wird abgefahren. — Die Wässer sollen alkalisch durch $Ca(OH)_2$ reagieren; dies wird durch mit $BaCl_2$ getränktes Curcumapapier festgestellt. — In verschiedenen Städten und Krankenhäusern eingeführt. Kosten gering, 40—90 Pfennige pro Kopf und Jahr für das Desinfektionsmittel, aber sorgfältige Kontrolle ist unbedingt nötig; das Verfahren ist daher nicht für ganze Städte, wohl aber für einzelne Anstalten, ländliche Anlagen, Badeorte usw. brauchbar.

WILHELMYS Verfahren. Dem vorigen ähnlich, nur findet die Mischung der Desinfektionsmasse in einer kleinen Vorgrube statt, in welche die Fäkalien zuerst gelangen, und von wo sie erst nach gewissem Aufenthalt (zweimal wöchentlich) in die größere Grube übergelassen werden. — Die Desinfektion ist unsicher; Kontrolle und Revision nötig.

Die vorstehenden Verfahren sind neuerdings verdrängt durch kleine, einfache Kläranlagen, welche ohne Chemikalienzusatz arbeiten und bei denen auf ein „Ausfaulen" der Fäkalien in den dicht verschlossenen Behältern gerechnet wird (Verfahren von SCHWEDER u. a.; vgl. unten „biologisches Verfahren"). Gewöhnlich sind zwei oder drei Gruben oder eiserne Behälter, die durch dichte, eventuell doppelte Deckel verschlossen sind, stets mit den (durch Wasser verdünnten) Fäkalmassen gefüllt. Im ersten Behälter bildet sich unten eine Schicht von schweren Sinkstoffen, oben eine 10 cm und mehr dicke Schwimmschicht. Der zweite, aus dem ersten durch Überlauf sich füllende Behälter kann Koksfüllung erhalten; aber auch ohne eine solche scheinen suspendierte und gelöste organische Stoffe durch die anhaltende Fäulnis so stark zerstört zu werden, daß der Ablauf aus dem letzten Behälter in Bäche, Rinnsteine usw. unbedenklich ist. Kontrolle erforderlich!

Die aufgezählten Abfuhrverfahren genügen den hygienischen und ästhetischen Anforderungen für eine größere städtische Bevölkerung nicht. Die Systeme mit Klärgruben und teilweiser Desinfektion ver-

sagen bei Anwendung in größerem Maßstabe; die Beseitigung des Geruchs gelingt nur bei gutem Betrieb und steter Kontrolle. Zu beanstanden sind die Abfuhrverfahren, namentlich wenn die Hauswässer unberücksichtigt bleiben und ganz (wie meist beim Tonnensytem) oder zum Teil in oberflächlichen Rinnsalen abgeführt werden. Wie oben gezeigt wurde, sind gerade die Hauswässer hygienisch besonders bedenklich und verlangen entweder die gleiche Behandlung wie die Fäkalien (in größeren Klärgruben oft vorgesehen) oder eine unterirdische Abführung. Wird aber letztere gewählt, dann ist es irrationell, die Fäkalien abzutrennen, sondern die Trennung muß in anderer Weise vollogen werden, nämlich so, daß Fäkalien und Abwässer einerseits, Meteorwasser andererseits die Teile bilden, welche in verschiedener Art abgeleitet werden (s. unter „Trennsysteme").

Nur in denjenigen größeren Städten, wo eine Anlage unterirdischer Kanäle nicht durchführbar ist (z. B. wegen zu hohen Grundwasserstandes, felsigen Terrains usw.), ist eines der Abfuhrsysteme angezeigt. Ferner kommen diese in Betracht bei zerstreut liegenden Häusern mit geringer oder nur zeitweise stärkerer Bewohnung (Sommerquartiere) und bei öffentlichen Anstalten (Krankenhäuser, Asyle), in denen leicht eine gute Beaufsichtigung der Anlagen durchzuführen ist. Je nachdem man einen Teil der Abwässer mit aufnehmen und Wasserspülung der Klosetts anbringen oder sich ausschließlich auf die Fäkalien beschränken will, ferner je nach den lokalen Gelegenheiten zur Abfuhr und zum Absatz der Abfallstoffe, ist bald dem Tonnensystem, bald dem Grubensystem mit Einschaltung von Kläranlagen der Vorzug zu geben.

2. Schwemmkanalisation.

Fast die gesamten Abfallstoffe, alle Fäkalien, das Haus- und Küchenwasser und das Meteorwasser werden bei der Schwemmkanalisation in unterirdischen Kanälen gesammelt, und die entstehende dünnflüssige, eventuell durch Wasserzusatz noch weiter verdünnte Masse wird durch natürliches Gefälle rasch aus dem Bereich der Wohnungen fortgeführt. Schließlich gelangt der Kanalinhalt entweder direkt in einen Fluß, oder es wird vorher eine Reinigung des Kanalwassers eingeschaltet.

a) Anlage und Betrieb der Kanäle.

Der Untergrund der Stadt wird von einem Netz von Kanälen aus dichten, innen glatten Wandungen durchzogen, welche sich mit natürlichem Gefäll nach einem großen Sammelkanal hinziehen. Die Anfänge

des Netzes liegen in den Ausgußöffnungen in Küchen und Waschküchen, in den Klosetts usw.; ferner in den Abführungen für das Straßenwasser und in den Regenrohren. Von da konfluieren die kleinen Anfangskanäle in größere Straßenkanäle, die sich schließlich zu mehreren Hauptkanälen vereinigen.

Es muß durchaus darauf gerechnet werden, daß eine rasche Vorwärtsbewegung der Abfallstoffe stattfindet. Daher ist gutes Gefälle nötig und möglichst reichlicher Wassergehalt der Kanaljauche, so daß sie dünnflüssig ist. In Städten ohne Wasserleitung sind die Abwässer fast immer zu konzentriert und fließen zu langsam. Gewöhnlich werden daher Kanalisation und Wasserleitung nebeneinander projektiert und angelegt. Sie bedingen sich gegenseitig; ohne Kanalisation keine Wasserleitung und ohne Wasserleitung keine gute Schwemmkanalisation. — Auch die Verdünnung durch Meteorwasser ist nur erwünscht und muß bei regenarmer Zeit durch künstliche Wasserspülung ersetzt werden.

Zunächst sind eine Reihe von Vorarbeiten auszuführen. Es muß ein Nivellement der Bodenoberfläche und der einzelnen Bodenschichten aufgenommen werden; die Grundwasserverhältnisse müssen studiert, die Bodentemperaturen kennen gelernt werden. Über die Regenmengen, den Abfluß und die Verdunstung des Regens, dann über die Dichtigkeit der Bewohnung, den Verbrauch an Hauswasser, die wahrscheinliche Zunahme der Bevölkerung usw. müssen Erhebungen veranstaltet werden. Schon diese Vorarbeiten gewähren durch das Sammeln wichtigen Materials hygienischen Vorteil.

Die Disposition der ganzen Anlage wird verschieden behandelt. In früherer Zeit und in englischen Städten kannte man nur eine zentrale Disposition. An einer Stelle der Peripherie kommt dann der Sammelkanal heraus; die Anfänge des Systems liegen in den anderen Teilen der Peripherie und die Kanäle wachsen allmählich, je mehr sie bebaute Teile durchsetzen. — Daraus resultieren aber Nachteile; erstens sehr lange Kanäle, bei denen dann oft nicht das genügende Gefälle gegeben werden kann, wenn man nicht die Enden zu tief legen will. Nur bei kleineren Städten, oder solchen mit starker Neigung des Terrains fällt dies Bedenken fort. — Zweitens sind die Anfangskanäle schwer richtig zu bemessen. In der Peripherie findet gerade das Wachstum der Stadt, unberechenbar in welchem Umfange, statt. Dabei aber darf man auch wieder von Anfang an keine zu großen Kanäle projektieren, weil diese eine schlechte Fortbewegung des Inhalts veranlassen und kostspielig sind. — Daher ist es bei zentraler Anordnung unausbleiblich, das oft Umbauten, Erweiterung zu eng gewordener Kanäle usw. erfolgen.

Besser ist Dezentralisation der Anlage. Entweder kann man verschiedene Radialsysteme einrichten (wie in Berlin). Die Anfänge der Kanäle liegen dann im Zentrum der Stadt, in der Peripherie dagegen sind große Stämme, die leicht einer Erweiterung der Stadt sich anpassen. Jedes Radialsystem kann bis zu Ende getrennt behandelt werden; oder es werden mehrere schließlich in einen Hauptstrang vereinigt.

Oder, wenn einzelne Teile der Stadt sehr verschiedene Höhenlage haben,

werden diese Teile dementsprechend getrennt behandelt (Parallelsystem, z. B. in Stuttgart, München, Wien).

Material der Kanäle. Bei den engeren (unter 0·5 m Durchmesser) benutzt man hartgebrannte, innen glasierte Tonröhren. Eisenrohre werden zu leicht angegriffen. Je zwei Rohre werden durch Muffen mit Schraubengängen verbunden; die Dichtung erfolgt mit geteerten Hanfstricken oder mit Ton. Die größeren Kanäle sind aus Backstein und Zement gemauert. Die Seitenteile kommen nur bei starken Regengüssen mit der Kanaljauche in Berührung, die Hauptsache ist daher das Sohlenstück. Dasselbe ist absolut undurchlässig aus Steingut oder Beton hergestellt, oder man verwendet sogenannte Blocks, d. h. Mauerkörper aus Ziegel und Zement. Das Sohlstück ist gewöhnlich durchzogen von kleinen kantigen Kanälen (*a* in Fig. 84), die am Ende der Leitung offen enden und zur Drainage des Grundwassers dienen. Neben den Kanälen wird eine Kiesschüttung angebracht, welche gleichfalls drainierend wirkt; häufig legt man in die Kiesschicht noch besondere Drainröhren (*b*, Fig. 83).



Fig. 83. Kanalprofil.
a Offene Kanäle des Sohlenstücks. *b* Drainröhren in der Kiesschüttung.

Völlig dicht sind die Kanäle selten. Etwas Einsickern von Grundwasser resp. Durchsickern von Jauche kommt gewöhnlich vor. Aber nachweislich kommt es nicht zu stärkerer Bodenverunreinigung. — Die Tieflage der Kanäle schwankt im allgemeinen zwischen 1·5 und 6·5 m; in Städten, wo auch das Abwasser aus allen Kellerwohnungen aufgenommen werden soll, bis zu 10 m. Oft liegt der größere Teil im Grundwasser. Damit kommt dann vielfach eine dauernde Senkung des Grundwasserspiegels und eine geringere Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten zustande; bei starker Grundwasseransammlung ist aber kein solcher Effekt zu merken (Berlin).

Die Weite der Kanäle richtet sich nach den zu bewältigenden Wassermassen. Die bedeutendsten werden zweifellos durch die Niederschläge geliefert. Soll aber jeder Regen, auch der stärkste Platzregen, vollständig Aufnahme in den Kanälen finden, so resultieren solche Dimensionen für die Kanäle, daß dieselben sehr teuer werden und außerdem für gewöhnlich eine schlechte Fortbewegung des relativ ge-

ringfügigen Inhalts leisten. — Richtiger ist es daher, wenn man die Kanäle nur auf Abführung der mittleren Regenmengen und des Hauswassers zuschneidet. Man berechnet zu dem Zweck die Bevölkerungsdichte pro Hektar und schlägt den Wasserkonsum, und also auch die Menge des Abwassers, zu 150 l pro Kopf an; im Mittel macht dies pro Hektar 1—1·5 l pro Sekunde. Dazu kommen dann durchschnittlich zirka 3 l pro Sekunde abzuführendes Regenwasser.

Was soll aber alsdann mit den größeren Regenmengen geschehen? Oft fällt das 20fache der hier veranschlagten Menge, von der allerdings höchstens $^1/_3$ in die Kanäle gelangt, für die aber doch zweifellos die Kapazität der Kanäle nicht ausreicht. — Für diesen Fall treten sogenannte Notauslässe (Regenauslässe) in Funktion, d. h. breite, flache Kanäle, welche aus dem obersten Teil der Straßenkanäle mit gutem Gefäll direkt zum nächsten Wasserlauf führen, und die das Kanalwasser erst aufnehmen und ableiten, nachdem es bis zu jenem abnormen Niveau, in welchem die Anfänge der Notauslässe liegen, gestiegen ist. Man nimmt an, daß dies Arrangement keinen Bedenken unterliegt, weil unter solchen Verhältnissen der Kanalinhalt immer sehr verdünnt und zu gleicher Zeit die Wassermenge des Flusses groß ist.

Gewöhnlich beginnen die Kanäle mit 0·23 m Weite und steigen durch 5—6 verschiedene Abstufungen bis 1·7 m. Selten findet man größere Dimensionen (in London 3·5, in Paris sogar bis 5·6 m).

Das Profil der Kanäle ist bei den kleinsten rund, bei den größeren eiförmig (Fig. 83). In großen runden Kanälen kommt es leicht zu einer trägen Fortbewegung und zu einer Durchsetzung des ganzen Rinnsals mit hemmendem Schlamm. Bei der Eiform lagern sich die Schlammteilchen an der tiefsten Stelle der Rinne ab und darüber kommt ein reger Fluß der Kanaljauche zustande.

Das Gefälle soll bei Hausleitungen 1:50, bei kleinen Kanälen 1:200 bis 300, bei größeren 1:400—500, bei den größten 1:1500 betragen. — Die Geschwindigkeit des Stromes ist dann 0·75 m pro Sekunde oder 2·5 km pro Stunde. Dabei sollen auch alle festen Teile, die naturgemäß in die Kanäle gelangen, mit fortbewegt werden.

Stoßen die Kanäle auf einen Strom, so wird ein sogenannter Düker eingerichtet, eine Art Syphon aus eisernem Rohr, der im Flußbett liegt. In demselben kommt es zuweilen zu Stauungen, die aber durch kräftige Spülung zu beseitigen sind.

Eine Spülung der Straßenkanäle ist erforderlich, wenn die Dimensionen etwas zu groß gewählt werden mußten, wenn längere Zeit stärkere Niederschäge gefehlt haben und wenn stellenweise schlammreichere Abwässer aus Fabriken usw. in die Kanäle gelangen. Die Spülung geschieht z. B. dadurch, daß in einzelnen Kanälen eiserne Türen (sogenannte Spültüren) geschlossen und nach genügendem Anstau des Kanalwassers plötzlich wieder geöffnet werden; oder das Wasser aus Flüssen, Teichen oder aus den Hydranten der Wasserleitung wird zur Spülung verwandt. Auch automatisch wirkende Spülungen lassen sich einrichten.

In die Kanäle führen von der Straße aus die Straßenwassereinläufe und die Einsteigschachte; von den Häusern aus die Fallrohre der Klosetts, die Rohre für die Hauswässer und die Regenrohre.

Die Einläufe für das Straßenwasser liegen meist in den Rinnen neben dem Trottoir, außerdem auf Höfen usw.; sie sind durch einen Rost von Eisenstäben bedeckt. Da das Straßenwasser viel Sand und Schlamm mitführt, so wird unter dem Einlauf ein Schlammkasten oder Gullie angebracht. Ungefähr 1 m oberhalb des Bodens des Gullies befindet sich der Ablauf, der syphonartig nach oben gekrümmt ist, damit die Kanalluft nicht durch den Gullie auf die Straße entweichen und die Passanten belästigen kann. Von Zeit zu Zeit müssen die Gullies geräumt werden, da deren Ablauf sich verstopft, wenn der Schlamm zu hoch ansteigt.

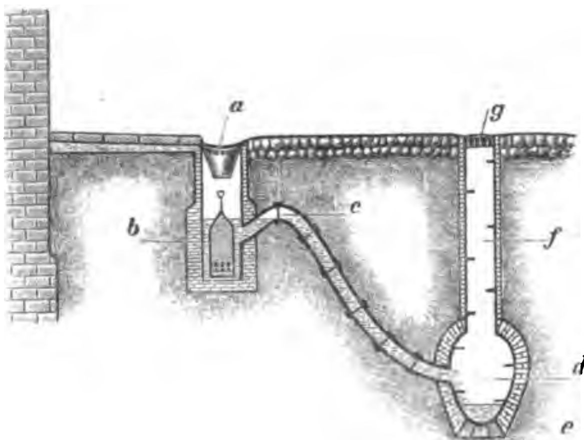


Fig. 84. Profil einer kanalisierten Straße.
a Einlauf für das Straßenwasser. b Gullie mit heraushebbarem Schlammkasten. c Überlauf in den Straßenkanal. d Straßenkanal. e Sohlenstück. f Einsteigschacht. g Durchlochter Deckel.

Die Einsteig-(Revisions-)schachte (Mannlöcher) gehen vom Fahrweg vertikal nach abwärts, sind so weit, daß ein Mann hindurchkriechen kann, und an den Wänden mit Steigeisen versehen. Sie sind in 50—70 m Entfernung voneinander angebracht, hauptsächlich an den Straßenecken. Sie dienen 1. zur Revision und Reinigung. Auch die nicht besteigbaren Kanäle müssen sich von einem Mannloch bis zum anderen mit Lampen und eventuell mit Hilfe von Winkelspiegeln übersehen lassen. Von dort aus findet auch die Spülung mittels der Hydranten statt. 2. Zur Aufnahme und Beseitigung der Sinkstoffe. Der Boden der Einsteigschachte wird häufig tiefer gelegt als die Sohle der Kanäle; der unterste Teil des Schachts bildet dann ein kleines Bassin, in welchem Sinkstoffe sich ablagern. Von dort werden dieselben mittels Eimern herausgeschafft. 3. Zur Ventilation der Kanäle; die Deckel sind durchlöchert und gestatten der Kanalluft den Austritt

ins Freie. Einhängen von Kohlenfiltern, das hier und da zur Desodorisation der Kanalluft versucht ist, scheint ohne nennenswerte Wirkung zu sein.

Die von den Häusern kommenden Kanäle münden in spitzem Winkel oder in flachem Kreisbogen in die Straßenkanäle; ihr Gefälle beträgt 1 : 50 oder weniger; sie bestehen aus glasierten Steingutrohren oder aus innen und außen asphaltiertem Eisenrohr (letzteres beim Passieren der Grundmauern). Ihr Durchmesser beträgt ca. 15 cm.

Ein Teil dieser Rohre beginnt in den Wasserklosetts. Am Ende des Sitztrichters befinden sich entweder bewegliche Klappen oder Pfannen; unter den Klappen ist ein Sammelgefäß eingeschaltet und an dieses schließt sich ein Syphon (ein ∽förmig gebogenes Stück, s. Fig. 85) des Fallrohrs an. Bei den neueren und besseren Einrichtungen ist das zu üblen Gerüchen Anlaß gebende Sammelgefäß

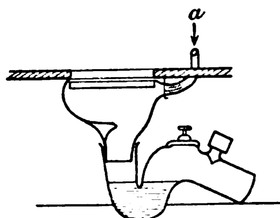


Fig. 85.

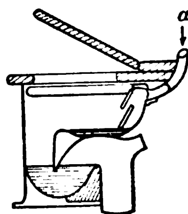


Fig. 86.

fortgelassen, und die Sitztrichter gehen direkt in einen Syphon über (Syphonklosett). Oder die Sitztrichter haben beckenförmige Form und es ist die Einrichtung getroffen, daß immer ein Rest des Spülwassers im Becken stehen bleibt (Wash-out-Klosett, Fig. 86); die Anordnung des Wasserzuflusses muß dann so sein, daß namentlich der Beckenboden kräftig ausgewaschen wird. — Zu beanstanden sind die in Schulen hier und da eingeführten Trogklosetts, bei denen mehrere Klosetts in einen gemeinsamen, nur gelegentlich gespülten Trog führen. — Meist erfolgt die Spülung nicht direkt aus der Leitung, sondern unter Einschaltung eines Spülbehälters, der sich automatisch wieder füllt. Bei direkter Spülung kann, wenn schwacher Leitungsdruck vorhanden ist und aus weiteren Zweigen des gleichen Rohrsystems größere Wassermengen gleichzeitig ausgelassen werden, Flüssigkeit aus dem Klosett in das Leitungsrohr aspiriert werden. — Die Höhe der im Syphon als Verschluß dienenden Wassersäule darf nicht unter 2·5 cm betragen. Das Fallrohr hat 10—14 cm Durchmesser, besteht aus asphaltiertem Eisen und soll nach oben bis über das Dach hinaus verlängert sein.

Der Wasserzufluß zum Klosett kann auch automatisch geregelt werden (durch das Öffnen der Tür, das Niederdrücken des Sitzes usw.). Jedenfalls muß eine reichliche Wassermenge zum Spülen gewährt werden, mindestens 5—10 Liter pro Tag und Kopf (pro Jahr kostet dieser Wasserkonsum etwa 25 bis 50 Pfennige). Gegen die übel angebrachte Sparsamkeit der Hauswirte, welche die Zuflußröhren zum Klosett oft mit ganz engen Öffnungen versehen lassen, ist mit Nachdruck einzuschreiten. — Eine zeitweise auszulösende kräftige Ventilation des Klosettraums ist wünschenswert, um während der Benutzung Gerüche zu verhindern; außerhalb der Benutzung ist von gut angelegten Wasserklosetts keinerlei Geruch zu merken. Die Ventilation muß selbstverständlich eine Aspirationsanlage sein, am besten mittels Wasserventilators (H. Mestern, Berlin). Entweder wird ein besonderer Behälter mit 10 Liter Wasser benutzt, der sich nach kurzem Druck auf einen Hebel allmählich entleert und etwa 4 cbm Luft nach außen befördert; oder der Behälter ist so eingeschaltet, daß das ablaufende Wasser gleichzeitig das Klosett spült.

Die Ausgüsse in den Küchen tragen ein unabnehmbares Gitter, welches gröberen Verstopfungen vorbeugen soll; dann folgt ein Syphon (oder Glockenverschluß), dann ein Fallrohr von 5—8 cm Durchmesser. Letzteres wird nach oben über Dach geführt, nach unten gewöhnlich in den Hof geleitet und, da das Küchenwasser viel zum Reinigen benutzten Sand, ferner Fasern von Tüchern usw. mit sich führt, läßt man es dort gewöhnlich in einem Gullie enden.

Die Regenrohre, welche das Meteorwasser von den Dächern sammeln, gehen am besten von der Hinter- und Vorderfront des Hauses in den oberen Teil der Straßenkanäle.

Von mancher Seite ist viel Wert gelegt auf die Fernhaltung jeder Kanalluft von den Häusern, weil man annimmt, daß die Kanalgase infektiöse Krankheiten hervorrufen können. Die Unrichtigkeit dieser Annahme ist bereits oben (S. 374) betont. Eine infektiöse Wirkung der Kanalgase kann um so weniger angenommen werden, als dieselben bei wiederholter Untersuchung meistens nahezu frei von Keimen gefunden wurden. Die stets feuchten Wandungen der Kanäle und Fallrohre machen eine Ablösung von Keimen unmöglich, und nur durch das Verspritzen an der Einmündung der Hausrohre usw. können Tröpfchen entstehen, die in offenen Kanalrohren weit fortgeführt werden. Auch hier werden dann aber nur die verbreitesten Saprophyten mit einiger Wahrscheinlichkeit in Frage kommen; in der Tat gehörten die Keime, welche man in geringer Zahl häufig, selten in größerer Zahl in der Kanalluft gefunden hat, niemals spezifischen infektiösen Arten an, sondern den in der freien Luft stets beobachteten Bakterien, deren Gegenwart schon deshalb selbstverständlich ist, weil die Kanalluft mit der freien Luft ausgiebig zu kommunizieren pflegt. Immerhin aber kommt durch die Kanalgase eine Belästigung und

eine Beeinträchtigung in der Aufnahme der Luft zustande; und dies genügt, um Vorkehrungen gegen ein Eindringen der Kanalgase ins Haus wünschenswert zu machen.

Eine Fernhaltung der Kanalgase vom Hause gelingt einmal durch Ventilation der Kanäle. Kommunikationen der Straßenkanäle mit der freien Luft bestehen a) durch die Einsteigschächte; b) durch die über Dach reichenden Klosett-Fallrohre c) durch die Regenrohre. Namentlich die letzteren bieten zahlreiche Auswege für die Kanalluft, während die kleinen Öffnungen der Einsteigschächte weniger in Betracht kommen. Je nach Windrichtung, Windstärke und Temperaturverhältnissen ist die Luftströmung bald in die Kanäle hinein, bald aus denselben heraus gerichtet; die Geschwindigkeit der Strömung kann 0·5 m pro Sekunde und mehr betragen. Die angeführten Kommunikationen genügen aber vollkommen, um ein Einströmen der Kanalluft in die Wohnhäuser zu verhindern. — Zuweilen hat man noch besondere Ventilationstürme mit starken Kohlenfeuerungen zur Aspiration der Kanalluft herangezogen, aber im Ganzen ohne entsprechenden Vorteil.

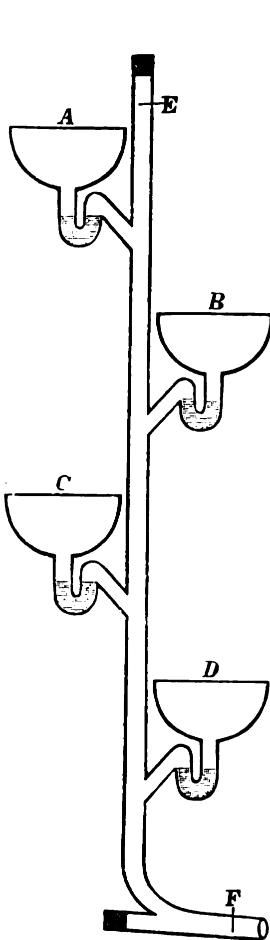


Fig. 87. Schema der Ausgüsse und Syphons eines Hauses.

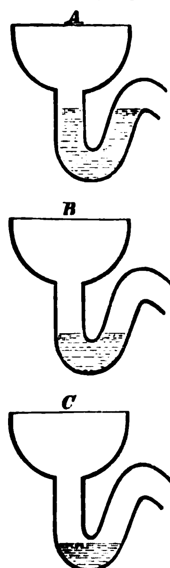


Fig. 88. Verschiedene Füllung der Syphons. *A* normaler, gefüllter Syphon. *B* geschwächter Syphon. *C* leer gezogener Syphon.

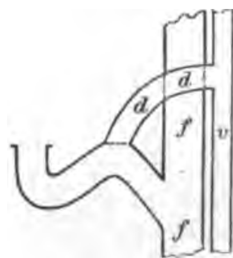


Fig. 89. Schutzvorrichtung an Syphons. *f* Fallrohr. *v* Ventilationsrohr. *d* Verbindungsrohr.

Zweitens ist der Eintritt von Kanalgasen ins Haus durch die nahe der Mündung der Fallrohre angebrachten, mit Wasser stets gefüllten Krümmungen der Rohre, die sogenannten Syphons gehindert. Solche Wasserverschlüsse sind für die Kanalgase so gut wie undurchlässig, da die letzteren sich nur sehr wenig in Wasser lösen, die Abdunstungsfläche für die geringfügigen gelösten Mengen klein ist und das abschließende Wasser oft erneuert wird.

Allerdings kann bei schlechter Konstruktion des Syphons der Wasserverschluß gebrochen werden. Durch Eingießen größerer Wassermengen

in den Syphon *A* (Fig. 87), die das Fallrohr vollständig füllen und beim Abstürzen hinter sich eine Art Vakuum erzeugen, kann entweder der Syphon *A* selbst leer gezogen werden; oder es wird eventuell ein anderer, an dasselbe Fallrohr angeschlossener Syphon *B* oder *C* entleert. Oft kommt es nur zu einer teilweisen Entleerung (*B* in Fig. 88); die abschließende Wassersäule ist dann aber zu niedrig, um einem mäßigen Überdruck von Gasen standzuhalten. Nicht selten bleibt sogar so wenig Wasser zurück, daß eine ungehinderte Kommunikation der Luft durch den Syphon besteht (*C* in Fig. 88).

Ein solches Leerziehen von Syphons tritt jedoch nur ein, wenn das Fallrohr abnorm eng und oben (bei *E*) geschlossen ist, und es kann mit Sicherheit dadurch vermieden werden, daß das Syphon- und Fallrohr weiter (über 10 cm), die Eingußöffnung aber enger gemacht wird; ferner dadurch, daß man das Fallrohr offen über Dach enden läßt. Sichersten Schutz gewährt ein offenes Rohr (*d* in Fig. 89), welches vom Scheitel des Syphons in ein über Dach verlängertes Ventilationsrohr geführt wird. — Eine andere Art der Entstehung von Insuffizienz der Syphons ist die, daß die herabfallende Wassermasse vor sich die Luft stark komprimiert, dadurch den Wasserverschluß weiter unten gelegener Syphon (*C* und *D* in Fig. 87) bricht und dieselben dabei so weit entleert, daß kein ausreichender Abschluß mehr vorhanden ist. Es kann dies aber nur vorkommen, wenn das Entweichen der Luft aus dem Fallrohr gehindert ist, z. B. durch fälschlich angebrachte nochmalige Syphons vor dem Übergang in die Straßenkanäle; außerdem nur bei engen, durch das Eingießen völlig gefüllten Fallrohren. Erleichterung des Abflusses in die Kanäle, weitere Fallrohre und die in Fig. 89 dargestellten, am Scheitel der Syphons angebrachten Luftrohre verhüten auch diese Insuffizienz.

b) Beseitigung des Kanalinhalts.

Die Zusammensetzung des Kanalwassers ist im Mittel folgende:

	Milligramm in 1 Liter	
Gelöste Stoffe	900	1400
Suspendierte Stoffe	500	
Darunter organische		300

Werden die Fäkalien abgefahren, so macht das nach den zahlreichen, namentlich in England gesammelten Zahlen sehr wenig Unterschied; das Kanalwasser enthält dann:

Gelöste Stoffe	820 mg in 1 Liter
Suspendierte Stoffe	360 „ „ „ „

Dadurch, daß das reichliche Spülwasser der Klosetts fehlt, wird also der Gehalt der fäkalienfreien Kanaljauche an gelösten Substanzen sogar etwas erhöht, und nur die suspendierten Stoffe werden durch das Fehlen der Fäzes um ein Geringes vermindert.

Abwässer aus Fabriken können eine wesentlich abweichende Zusammensetzung des Kanalinhalts bewirken. Die aus Färbereien, Wollmanufakturen Gerbereien, Papierfabriken usw. stammenden Abwässer zeigen meist einen 5 bis 10 mal höheren Gehalt an festen Bestandteilen, als der durchschnittliche Kanalinhalt (s. Kap. VIII).

Der Kanalinhalt ist somit für gewöhnlich viel zu dünn, um etwa transportiert und als Dünger benutzt zu werden, und von jeher hat man dementsprechend zunächst daran gedacht, denselben ohne weitere Verwertung los zu werden durch

Einlauf in die Flüsse.

Daraus entsteht häufig eine nicht unbedenkliche Verunreinigung der Flüsse. Man hat in dieser Beziehung zahlreiche schlechte Erfahrungen gemacht; in London war die Themse, in Paris die Seine derart durch Kanalwasser getrübt und gab zu solchen Gerüchen Anlaß, daß die Anwohner weit hinaus aufs Äußerste belästigt wurden; die Fische starben ab, irgendwelche Benutzung des Wassers zum Waschen, Baden usw. war unmöglich. Gleiche Beobachtungen wurden in Frankfurt a. M. gemacht. Die kolossalsten Grade von Verunreinigungen sind in den Industriebezirken Englands vorgekommen. Übrigens waren hier — wie überhaupt bei der Flußverunreinigung — die Fabrikabwässer weitaus am stärksten beteiligt.

In erster Linie sind es die suspendierten, sog. Sinkstoffe, die das Wasser schon äußerlich verändern; sie führen zu Schlammablagerungen, in denen die Fäulnis immer weiter um sich greift, und die sich schließlich so ansammeln, daß eine häufige Entfernung durch Baggern nötig wird. — Außer den Sinkstoffen führen die schwimmenden Stoffe (Papier, Ballen von Fäzes usw.) zu Belästigungen, indem sie sich leicht an Schiffen oder am Strauchwerk der Ufer ansetzen, namentlich wenn letztere flach sind und der Fluß einen gewundenen Lauf hat.

Die sanitären Bedenken einer solchen Flußverunreinigung liegen teils in der fortgesetzten Entwickelung von Fäulnisgasen, die sich aus den Schlammassen entwickeln; teils in den Giften (Arsenik, Blei), welche in den Abfallstoffen der Fabriken und Hütten enthalten sein können; teils und hauptsächlich in den Infektionserregern, Typhus-, Cholerabazillen usw., die zu Zeiten mit den Abfallstoffen in das Flußwasser gelangen. Dieselben können zahlreiche Infektionen veranlassen, wenn das verunreinigte Flußwasser als Trink- oder Wirtschaftswasser, zum Baden oder zur Wäsche benutzt wird.

Die Verdünnung, in welcher sich die Infektionserreger im Flußwasser befinden und welche eigentlich die Infektionsschancen außerordentlich herabmindern sollte, wird durch eine vielfache Benutzung durch Tausende von Menschen wieder teilweise ausgeglichen. Außerdem sind Cholera- und Typhusbazillen unter geeigneten Bedingungen im Flußwasser wahrscheinlich vermehrungsfähig. Am ausgeprägtesten ist

die gefährliche Rolle verunreinigter Flüsse in außereuropäischen Ländern zu beobachten, z. B. beim Ganges, dessen stark beschmutztes und doch zu allen möglichen Zwecken benutztes Wasser zur Verbreitung der Epidemien zweifellos viel beiträgt. Aber auch in Europa sind bis in die neueste Zeit Cholera- und Typhusepidemien vorgekommen, welche auf den Genuß verunreinigten Flußwassers zurückzuführen waren.

Liegen allerdings längere Strecken hindurch keine Ortschaften am Flusse oder wird wenigstens das Wasser des Flusses von den Anwohnern nur wenig benutzt, so ist geringe oder gar keine Gelegenheit zur Infektion gegeben, und in solchen Fällen hat sich auch ein gesundheitsschädlicher Einfluß der Flußverunreinigungen nicht nachweisen lassen.

Auch volkswirtschaftliche Bedenken, namentlich die Beeinträchtigung der Fischzucht, lassen ein Einleiten des Kanalinhalts in die Flüsse bedenklich erscheinen.

Es würde unrichtig sein, wollte man die Einleitung der Kanaljauche in die Flüsse prinzipiell für alle Fälle verbieten; die Entscheidung ist vielmehr abhängig zu machen: 1. von der Menge und Konzentration der gelieferten Kanaljauche, 2. von den Wassermenge des Flusses, 3. von dessen Stromgeschwindigkeit, 4. von der Ufergestaltung, dem Verlauf des Flusses und seiner Neigung, Überschwemmungen zu veranlassen und dabei die Unratstoffe auf dem Lande zu deponieren, 5. insbesondere von der Bewohnung der stromab gelegenen Ufer bezw. der Menge der Schiffer und von der Intensität der Benutzung des Flußwassers. Bezüglich des wichtigsten Punktes, der Benutzung oes Wassers, ist der richtige hygienische Standpunkt jedenfalls der, daß aus den verschiedenen oben angeführten Gründen und namentlich deshalb, weil auch ohne Einleitung städtischer Abwässer die Flüsse verdächtige Zuflüsse in Menge durch Niederschläge erhalten (z. B. solche, welche gedüngte Äcker, Gräben usw. abspülen), die Benutzung von Flußwasser überhaupt möglichst beschränkt werden sollte. Von diesem Standtpunkt aus ist eine stärkere Inanspruchnahme der Flüsse für die Beseitigung von Abfallstoffen entschieden zulässig, und eine solche ist auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus wünschenswert. Nur übertriebener zu grobsinnlicher Belästigung führender Verunreinigung der Flüsse braucht dann entgegengetreten zu werden. — Das Verhältnis zwischen der Menge der Jauche und der Wassermenge kann geradezu verschwindend klein werden; z. B. in Paris ist dasselbe 1:13, in Frankfurt 1:900, in Biebrich-Wiesbaden 1:8000. Zu beachten ist dabei allerdings, daß die Mischung der Jauche mit dem Flußwasser sehr langsam und zunächst immer nur mit einem Teil des letzteren erfolgt. Der Einlaß von Abwässern ist daher immer möglichst in der Strommitte zu bewirken.

Allmählich tritt im Verlauf des Flusses eine Selbstreinigung ein, die bereits S. 130 näher charakterisiert wurde. Dazu kommt die Aufnahme von reinem Grundwasser und reineren Nebenflüssen, so daß nach längeren Strecken das Flußwasser in seinem chemischen Verhalten und in bezug auf den Gehalt an saprophytischen Bakterien ungefähr wieder seine frühere Beschaffenheit zeigen kann; ob zu dieser Zeit auch die Infektionserreger verschwunden sind,

resp. wie weit dieselben unter Umständen transportiert werden können, darüber ist noch nichts Sicheres bekannt.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird es den hygienischen und volkswirtschaftlichen Grundsätzen besser entsprechen wenn eine gewisse Reinigung des Kanalwassers vor dem Einfluß in die Flußläufe versucht wird.

Die Reinigung muß namentlich die suspendierten Stoffe und die Schwimmstoffe organisierter Natur und die Infektionserreger betreffen, und zwar sind diese möglichst vollständig zu entfernen resp. zu töten. Ferner sind auch die gelösten fäulnisfähigen Stoffe so weit zu beseitigen, daß nach dem Einlassen in den Fluß keine stärkere Geruchsentwickelung, Verfärbung oder Trübung (Verpilzung) mehr zu erwarten ist.

Eine derartige Reinigung ist ausführbar 1. durch Bodenfiltration und Berieselung; 2. durch das Oxydationsverfahren event. in Kombination mit dem Faulverfahren; 3. durch mechanische oder chemische Klärung bezw. Kombination von beiden, event. verbunden mit Desinfektion.

Bodenfiltration und Berieselung.

Der Boden ist nach den Seite 106 gegebenen Ausführungen zur Reinigung der Kanaljauche vorzüglich geeignet. Feinporiger Boden hält alle suspendierten Stoffe, Gase, fermentartige und eiweißartige Stoffe energisch zurück; dann entwickelt sich, sobald seine Poren stets oder zeitweise mit Wasser und Luft gefüllt sind, ein reges Bakterienleben und eine vollständige Mineralisierung des Stickstoffs und Kohlenstoffs.

Eine gute Reinigung der Kanalwässer erfolgt mittels intermittierender Filtration. 1 cbm Boden vermag etwa 40 Liter Kanalwasser zu reinigen; also sind bei einer 2 m tiefen Schicht des Bodens für 100000 Menschen nur etwa 20 ha Boden in Arbeit zu nehmen. Die Filtration erleidet jedoch öftere Unterbrechungen und Störungen, und zwar deshalb, weil schließlich die obere Bodenschicht zu schwer durchlässig wird; sie verschlammt und muß von Zeit zu Zeit künstlich gelockert werden. Mindestens muß daher eine gute mechanische Reinigung (s. unten) das Kanalwasser für die Bodenfiltration vorbereiten. — Außerdem bleibt der Boden allmählich anhaltend feucht, es fehlt an lufthaltigen Poren, und die Nitrate häufen sich an; diese Umstände beeinträchtigen aber die fernere Mineralisierung. Derart übersättigter Boden liefert dann große Mengen stinkender Gase und ist für längere Zeit funktionsunfähig.

Diese Nachteile werden vermieden, wenn man auf dem zur Rei-

nigung benutzten Boden Pflanzungen anlegt. Die Pflanzen konsumieren die Nitrate, sie lockern mit ihren Wurzeln die oberen Bodenschichten und bringen außerordentlich viel Wasser zur Verdunstung. Dadurch machen sie ein Feld immer wieder geeignet zur Aufnahme und Reinigung neuer Jauche. Zugleich kann in dieser Weise leicht eine landwirtschaftliche Verwertung des Stickstoffs und der Phosphorsäure der Jauche stattfinden. — Von diesen Gesichtspunkten hat man sich bei der sogenannten Berieselung leiten lassen.

In England sind Rieselfelder schon seit langer Zeit verbreitet; man findet sie dort in etwa 200 Städten. In Deutschland sind sie in größerem Maßstabe in Danzig, Breslau, Berlin ausgeführt, für viele Städte sind sie projektiert.

Entweder besteht die Berieselung nur in einer Art Bewässerung, wobei die Jauche oberflächlich über das Land wegläuft; besser aber ist es, die Jauche in den Boden eindringen zu lassen und sie erst in gewisser Tiefe wieder abzuführen. Alsdann ist eine Drainage des Bodens unerläßlich. Die Drainröhren sammeln das durchgeflossene Wasser in Gräben und diese führen es schließlich einem Wasserlauf zu. Unterläßt man die Drainage, so steigt das Grundwasser bald mächtig an und das Terrain versumpft. — Lehm- und humushaltiger Boden ist am geeignetsten. Bei zu starkem Lehmgehalt entstehen leicht Sprünge und Risse, die zu vollkommener Reinigung führen.

Die Berieselung entspricht durchaus den an ein vollständiges Reinigungsverfahren zu stellenden Anforderungen. Die suspendierten Stoffe und die Bakterien werden vollständig zurückgehalten. Die gelösten organischen Stoffe werden um 60—80 Prozent, die anorganischen um 20—60 Prozent vermindert. Ammoniak und Phosphorsäure bleiben beinahe ganz, Schwefelsäure wenig, Chlor fast gar nicht im Boden zurück. — Natürlich kann auch bei der Berieselung Übersättigung des Bodens eintreten; es muß daher ein geordneter Betrieb eingehalten werden, zu welchem sehr viel disponibles Land gehört. Erfahrungsgemäß hat man für je 4—500 Menschen mindestens 1 ha zu rechnen. — Die Felder werden des Preises und der immerhin möglichen Ausdünstung wegen fern von der Stadt gewählt, jedoch nicht zu fern, weil sonst die Druckrohre zu lang und die Kosten für die Beförderung der Jauche zu hoch werden.

Die im Hauptkanal gesammelte Kanaljauche wird zunächst in einen Sandfang geleitet. Dort sollen die Sinkstoffe sich ablagern; außerdem ist ein Gitter zur Zurückhaltung schwimmender Stoffe angebracht. Die Sinkstoffe werden durch einen Lokomobilenbagger fortwährend herausgebaggert und demnächst abgefahren. Die so von den schwebenden Bestandteilen gereinigte Kanaljauche kommt dann in die Pumpstation und wird von dort mittels

starker Dampfmaschinen in ein eisernes Druckrohr gehoben bis zu einem Auslaß, von wo die Jauche mit natürlichem Gefälle auf die Rieselfelder gelangen kann.

Gewöhnlich übernimmt von der Ausmündung des Druckrohres an ein offener oder gedeckter Kanal die Weiterleitung der Jauche. Der Kanal liegt auf einem Damm, der die Rieselfelder um einige Meter überragt. Alle 400 m sind in dem Kanal Stauschützen angebracht, welche mittels einer Schraubenvorrichtung auf- und niedergezogen werden können. Von diesem Hauptzufuhrkanal aus gehen dann seitlich Kanäle ab auf die einzelnen Felder, und auch diese Abzweigungen können durch Stauschützen verschlossen werden.

Die Felder sind sorgfältig aptiert, sie sind gewöhnlich 80—90 m breit und 200—500 m lang, also Flächen von $1^1/_2$—4 ha. Sie zeigen eine doppelte Neigung, einmal der Länge nach mit einem Gefälle von 1:1000, zweitens von der in ihrer Mitte verlaufenden Längsachse nach den Seitenrändern zu mit einem Gefälle von 1:500. In der Längsachse liegt ein Graben, der wiederum von 50 zu 50 m mit Stauwehren versehen ist. Soll nun ein bestimmtes Feld berieselt werden, so werden zunächst im Hauptzufuhrgraben die Schützen bis zu dieser Stelle gezogen, hinter der Stelle geschlossen; die bis dahin vorhandenen seitlichen Abfuhrkanäle werden ebenfalls geschlossen, so daß die ganze Wassermasse sich nur in den einen Seitenkanal ergießt, der nach dem betreffenden Felde führt. In dem Graben dieses Feldes wird dann zunächst die erste Schütze geschlossen; der Graben füllt sich bald, läuft an den Seiten über und infolge der geschilderten Neigung des Terrains werden die beiden Seiten des vorderen Abschnitts des Feldes gleichmäßig überflutet. Dann wird die erste Schütze gezogen und die folgende niedergelassen; das Wasser dringt nun um so viel weiter im Graben vor und überflutet den nächsten Teil des Feldes, und so fort, bis das ganze Feld berieselt ist. Am Ende befindet sich gewöhnlich ein sogenanntes Auslaßfeld, das tiefer liegt, als die Sohle des Grabens und schließlich den Inhalt des Grabens aufnimmt.

Alle Felder sind durch Drainröhren drainiert, die in Abständen von 12 bis 25 m und am oberen Ende 1·3 m unter dem Niveau liegen. Sie münden in die Verzweigungen eines Entwässerungsgrabens, der schließlich das gesamte gereinigte Kanalwasser aufnimmt und dem Flusse mit natürlichem Gefälle zuführt.

Im Winter kann die Berieselung fortgesetzt werden, wenn das Kanalwasser in einem geschlossenen Kanal befördert wird, wo es hinreichend hohe Temperatur behält; andernfalls müssen große Staubassins angelegt werden, deren Boden nach der Entleerung beflanzt wird.

Der Betrieb der Rieselfelder ist gewöhnlich in Händen eines Pächters. Gebaut werden teils Gras und Weiden, die im Frühjahr und Sommer berieselt werden müssen und ein dünnes Kanalwasser verlangen, ferner Gemüse, Rüben, Tabak, auch Raps und Getreide, deren Felder im Herbst und Winter mit konzentrierter Jauche berieselt werden.

Die Rieselfelder haben bisher überall, wo sie einigermaßen rationell betrieben wurden, gute Resultate ergeben. Nur da wo die Drainage unterlassen oder mangelhaft angelegt war, stellte sich eine Versumpfung, übler Geruch und auch wohl eine Disposition des Bodens zu Malaria her. Wo indes die Drainage vorschriftsmäßig ausgeführt

und keine übermäßige Berieselung vorgenommen wurde, ist die Belästigung durch Gerüche unerheblich und beschränkt sich auf den nächsten Umkreis der Rieselfelder.

Besondere Aufmerksamkeit hat man der Frage der Verbreitung von Infektionskrankheiten durch die Rieselfelder zugewendet.

Da in der Kanaljauche eine gewisse Anzahl von Infektionskeimen stets enthalten ist und da keine baldige Vernichtung derselben im Boden erfolgt, so müßte man eigentlich erwarten, daß die Rieselfeldarbeiter, die doch in vielfache Berührung mit der frisch imprägnierten Erde kommen, Infektionen sehr ausgesetzt sind. Aber offenbar ist die Kanaljauche auch schon ehe sie auf die Rieselfelder kommt, nicht so gefährlich, als vielfach angenommen wird. Die Kanalarbeiter beschmutzen sich täglich mit Resten der Jauche oder der Sinkstoffe; die Arbeiter am Sandfang sind fortgesetzt den Berührungen mit Sinkstoffen exponiert; und doch wird auch unter dieser Kategorie von Arbeitern durchaus kein häufigeres Auftreten von Infektionskrankheiten beobachtet. Diese relative Unschädlichkeit des Kanalinhalts ist einmal auf die starke Durchmischung und Verdünnung des Inhalts zurückzuführen. Die einzelnen, konzentrierten Infektionsquellen sind in dem Chaos von harmlosen Bakterien und anderen körperlichen Elementen verteilt. Zweitens beruht die Ungefährlichkeit darauf, daß Berührungen der Schleimhäute nur in geringem Umfang und mit minimalen Bruchteilen des Kanalinhalts stattfinden. Daß trotzdem hier und da Infektionen vorkommen, ist natürlich nicht ausgeschlossen. Aber dieselben repräsentieren Kuriosa, die sich nicht gegen die hygienische Zulässigkeit der ganzen Anlage ins Feld führen lassen.

Etwas anderes ist es, wenn ganze Bevölkerungen z. B. von einem mit der Kanaljauche hochgradig verunreinigten Wasser vielseitigen Gebrauch machen, wenn Arbeiter das Drainwasser trinken wollten usw. Dadurch wird dann eine so ausgiebige Berührung mit der Kanaljauche hergestellt, daß mit großer Wahrscheinlichkeit auch Infektionserreger aufgenommen werden.

Gegen die Rieselfelder wird neuerdings eingewendet, daß der Boden trotz aller Vorsicht bald verschlammt und den erwarteten Effekt nicht mehr leistet; daher ist der Ankauf immer neuer Terrains erforderlich. — Es weisen diese Erfahrungen aber nur darauf hin, daß auch bei der Benutzung von Rieselfeldern eine bessere vorgängige Entfernung der suspendierten und schwimmenden Stoffe als bisher versucht werden muß. Wird dieselbe unter Zuhilfenahme guter mechanischer Klärvorrichtungen bewirkt, so sind zur Befreiung des Kanalwassers von den gelösten Stoffen und von den Resten der suspendierten Teile viel geringere Bodenflächen ausreichend; ja es kann, je sorgfältiger die Vorklärung geschieht, die Berieselung um so mehr der weit billigeren Form der Bodenfiltration genähert werden.

In Eduardsfelde bei Posen hat man einige Jahre hindurch den Grubeninhalt (nur Fäkalien) durch Besprengen von Ackerflächen nutzbar zu machen

gesucht. Eine Druckluftleitung befördert die Massen von der Sammelgrube auf die Felder; an ihrem Ende befindet sich eine oberirdische tragbare Verteilungsleitung und ein langer Schlauch mit Mundstück. Das Besprengen wurde auch nach dem Aufgehen der Saat fortgesetzt (Kopfdüngung). — Das Verfahren ist unappetitlich, und Bedenken bezüglich der Verbreitung von Krankheitserregern lassen sich nicht unterdrücken, namentlich wenn städtische Kanalwässer versprengt werden. Ob durch letztere ebenso wie durch die in Eduardsfelde verwendeten Fäkalien landwirtschaftliche Erfolge erzielt werden können, ist fraglich. Ein Ersatz städtischer Rieselfelder durch das „Eduardsfelder System" läßt sich daher zurzeit nicht erhoffen.

Viele Orte verfügen über kein geeignetes Terrain für Rieselfelder oder Bodenfiltration in der Nähe und sind aus diesem Grunde durchaus auf eines der folgenden Verfahren angewiesen.

Das Oxydations- (Biologisches) Verfahren und Faulverfahren.

Das Oxydationsverfahren leitet sich her von den Erfahrungen bei der intermittierenden Bodenfiltration, welche in wechselweiser Füllung der Bodenporen mit Abwasser und mit Luft besteht, und durch welche Frankland eine weitgehende Reinigung des Abwassers auch bezüglich der gelösten Stoffe erzielt hat. Es lag der Gedanke nahe, den Prozeß auf noch kleineren Raum zu konzentrieren und hier intensivere Wirkung zu beschaffen, dadurch, daß Filter (Oxydationskörper) aus sehr grobporigem Material aufgebaut und nun intermittierend mit den Abwässern beschickt wurden, so zwar, daß nach Beendigung jeder Einstauperiode die Poren des Filters sich wieder mit Luft füllen.

Übergänge zu den jetzt im großen Maßstabe bewährten Verfahren bildeten z. B. Versuche, Filter aus Torf zu benutzen; oder aus einem in England eine Zeitlang verbreiteten Präparat Polarite, einer hauptsächlich aus Eisenoxyd bestehenden schwarzen, porösen Masse in erbsengroßen Stücken. Die Abwässer wurden, ehe man sie auf das Filter ließ, einer Klärung in einem Klärbecken unter Zusatz von Ferrozone (vorzugsweise Tonerdesulfat) unterworfen. — Ähnlich ist das sogenannte „Blaustein"-Verfahren. Alle diese Methoden sind in den neueren Oxydationsverfahren aufgegangen; die Präparate werden bei manchen Verfahren als Filtermaterial benutzt.

Als das beste Material für den Filteraufbau hat sich Koks herausgestellt, in Stücken von etwa 7 mm Größe. In Hamburg hat sich die zerkleinerte Schlacke des Müllverbrennungsofens in Stücken von 3—7 mm bewährt; auch zerschlagene Ziegel sind benutzbar. Wenig geeignet ist Kies. Die Höhe der Filter beträgt 1—2 m. — Sehr zweckmäßig ist ein primäres Filter mit Material von 8—25 mm Körnung und ein sekundäres mit feinerem von 3—8 mm.

Entweder erfolgt die Beschickung der Filter intermittierend (Dibdin). Das eingestaute Abwasser bleibt 1—2 Stunden im „Füllkörper"; dann wird das Abwasser abgelassen und die Poren des Filters werden

dabei mit Luft vollgesogen. Nach einigen Stunden kann wiederholte Beschickung erfolgen; doch leidet die Aufnahmefähigkeit des Filters durch zu rasche Folge. — Wichtig ist eine gewisse Einarbeitung jedes Filters für seine Leistung. Im Anfang ist der qualitative Reinigungseffekt immer gering; er bessert sich stetig, bis das Filter schließlich quantitativ im Stich läßt. Die Filterporen zeigen sich gegen Ende mit einem feinen Schlamm erfüllt, von dem das Filter durch Reinigung befreit werden muß.

Die Wirkung der Filter, der sog. „Oxydationskörper", beruht in erster Linie auf Flächenabsorption gegenüber den gelösten organischen Stoffen einerseits und dem Sauerstoff andererseits. Je größer die Oberfläche der Filterelemente im gleichen Volum ist, um so besser ist die Wirkung; insofern würde feinkörniges Material den Vorzug verdienen, doch sind hierin durch die notwendige Rücksichtnahme auf die quantitativen Leistungen Grenzen gezogen. Der günstigere Effekt des „eingearbeiteten" Filters beruht auf der Anhäufung organischer Stoffe von hohem Absorptionsvermögen. Die absorbierten fäulnisfähigen Stoffe verfallen dann Verwesungsprozessen (Dunbar); es bilden sich Nitrifikationsprodukte, die bei längerem Verweilen im Kontaktkörper auch wieder zu salpetriger Säure und Stickstoff reduziert werden können.

Oder das Aufbringen des Abwassers geschieht kontinuierlich, indem man dieses langsam durch das Filter hindurchsickern (tropfen) läßt, so daß stets gleichzeitige Einwirkung des Kontaktmaterials und des Luftsauerstoffs erfolgt (Sprinkler- oder Tropfverfahren). Gröberes Filtermaterial; das gleiche Volum reinigt mehr (angeblich 2—3 mal soviel) Abwasser als beim Stauverfahren; Raumersparnis; geringere Baukosten. Die Verteilung des Abwassers geschieht vielfach durch ein gelochtes Rohr (Sprenger, Sprinkler, meist automatisch beweglich, wie die bekannten Rasensprengapparate), oder durch Kipptröge u. dgl., die sich automatisch in kurzen Perioden entleeren, dann durch Furchen, Horden u. dgl. — In England sehr verbreitet.

Bei den vorgenannten Verfahren ist stets eine sorgfältige Befreiung von Schwimm- und Schwebestoffen nötig, die sonst die Poren des Oxydationskörpers bald verstopfen würden. Ähnlich wie vor der Berieselung oder Bodenfiltration, nur noch sorgfältiger, sind daher auch hier Schlammfänge und andere Einrichtungen zur mechanischen, eventuell auch chemischen Vorklärung anzubringen. Die Reinigung im Oxydationsfilter geht um so besser von statten, eine je gleichmäßigere und homogenere Flüssigkeit die aufgebrachten Abwässer darstellen. Erfolgt die Vorreinigung durch Schlammfänge, Gitter u. dgl., so sind die Oxydationskörper ein und mehrere Male im Jahre zu

reinigen, erfolgt sie durch Klärbecken u. dgl., so geht der Betrieb mehrere Jahre fort.

Die Vorreinigung soll umgangen werden durch Anbringung eines Faulraums (CAMERON-SCHWEDERsches Faulverfahren). Hier soll in einer Art Schlammfang, der nach außen möglichst abgedichtet ist, durch bakterielle Einwirkung eine teilweise Lösung der suspendierten organischen Stoffe vor sich gehen; ein anderer Teil bildet eine feste, allmählich vermodernde Schwimmdecke; ein dritter Teil wird sedimentiert. Die gelösten, ablaufenden Stoffe sollen so vorbereitet werden, daß sie der Verwesung im Oxydationskörper (meist Tropfverfahren) leichter unterliegen.

Zwischen Faulraum und Oxydationsfilter wurde früher noch ein „Lüftungsraum“ eingeschaltet (Fig. 90, III), der nach neueren Erfahrungen indes nicht

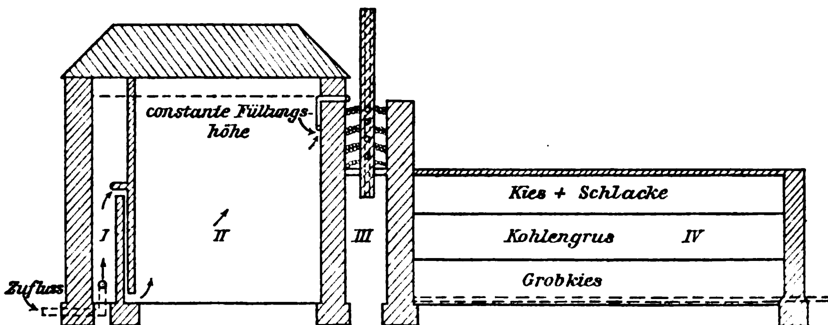


Fig. 90. SCHWEDERsches Verfahren.

nötig ist. — Teilweise ist das Prinzip des biologischen Verfahrens auch in andere Reinigungsmethoden, namentlich solche für industrielle Abwässer, hineingenommen, so in das PROSKOWETZsche Verfahren (s. Kap. VIII).

Die Urteile über die Resultate des Oxydationsverfahrens lauten von Jahr zu Jahr günstiger. Die Beseitigung der gelösten fäulnisfähigen Substanzen gelingt so vollständig, daß das ablaufende Wasser zu keinen Belästigungen mehr Anlaß geben kann. — Als Nachteil des Systems gegenüber der Berieselung ist anzuführen, daß die Bakterien und etwaigen Krankheitserreger nicht beseitigt oder abgetötet werden. Ferner ist die Ansammlung des Schlamms durch das Vorklären bedeutender als bei den Rieselfeldern, weil die Klärung sorgfältiger gehandhabt werden muß. Von diesem Gesichtspunkt aus bedeutet die teilweise Vergärung des Schlamms durch den SCHWEDERschen Faulraum im allgemeinen einen Fortschritt, aber ohne in jedem Einzelfall unumgänglich nötig zu sein.

Mechanische und chemische Klärung.

Mechanische Klärung ist, wie im vorstehenden mehrfach betont ist, als vorbereitende Maßregel bei fast allen Reinigungsmethoden erforderlich. Je nach dem beabsichtigten Effekt werden dabei sehr verschiedene Abstufungen eingehalten.

Das Mindestmaß einer mechanischen Vorklärung leisten die S. 398 beschriebenen Sand- oder Schlammfänge für die suspendierten Stoffe und einfache Eintauchplatten für die schwimmenden Stoffe. — Bessere Ausbeute erzielt man einerseits durch Gitter und Rechen, andererseits durch Klärbecken.

Von Riensch sind Rechen (Fig. 91) angegeben, deren Zwischenräume verschieden breit sind (3—30 mm) und mit denen je nach Bedarf die gröbsten, mittleren oder feineren Schlammteile kontinuierlich abgefangen werden können (b); durch Bürsten und Kämme wird automatisch der Schlamm von den Rechen auf ein sog. Transportband (d) und durch dieses auf Wagen verladen. — Eine andere Anlage von Riensch besteht in Klärbrunnen mit einer oder mehreren Säulen von Klärschirmen, die in Abstand von ca. 7 cm übereinander angebracht sind. — Beim System Schneppendahl fängt ein sechsflügliger um seine Achse drehbarer Rechen die gröberen Stoffe bis zu 15 mm Durchmesser ab, es folgen ein Baggerwerk, ein fester Horizontalrechen, Filterkörbe, schließlich ein feines Metallsieb zur Zurückhaltung der feineren Stoffe.

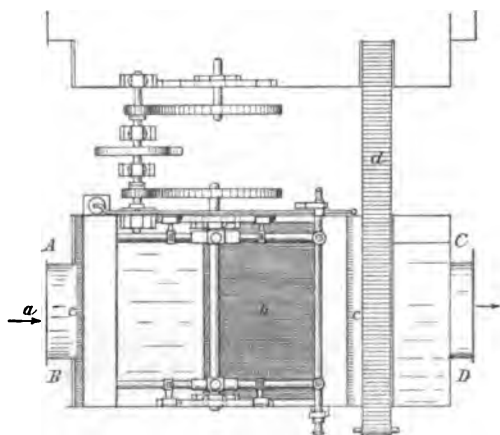


Fig. 91. Rienschs selbsttätige Rechen.

Sehr erfolgreich ist das Einleiten der Abwässer in Klärbecken, in denen durch Erweiterung des Querschnitts starke Verlangsamung der Strömung und dadurch ein Ausfallen der suspendierten Teile zustande kommt; die Geschwindigkeit soll bis auf etwa 6 mm pro Sekunde absinken.

In Kassel (s. Fig. 92 a u. b) sind unter Fortlassung aller Abfangeinrichtungen mehrere Klärbecken von 40 m Länge, 4 m Breite und 3·5 m Tiefe eingerichtet; nach der Füllung wird jedes Becken einige Stunden abgesperrt und in Ruhe belassen; der oberste Teil des Wassers wird dann in den Fluß geleitet, die nächste Schicht kommt in einen Rücklauf und muß nochmals ein Becken passieren; die unterste Schlammasse wird durch eine Rechenvorrichtung auf der schrägen Sohle des Beckens an der Vorderwand aufgehäuft und von da mittels Vakuumapparats nach dem Schlammlager geführt. — Die Resultate scheinen sehr günstig zu sein.

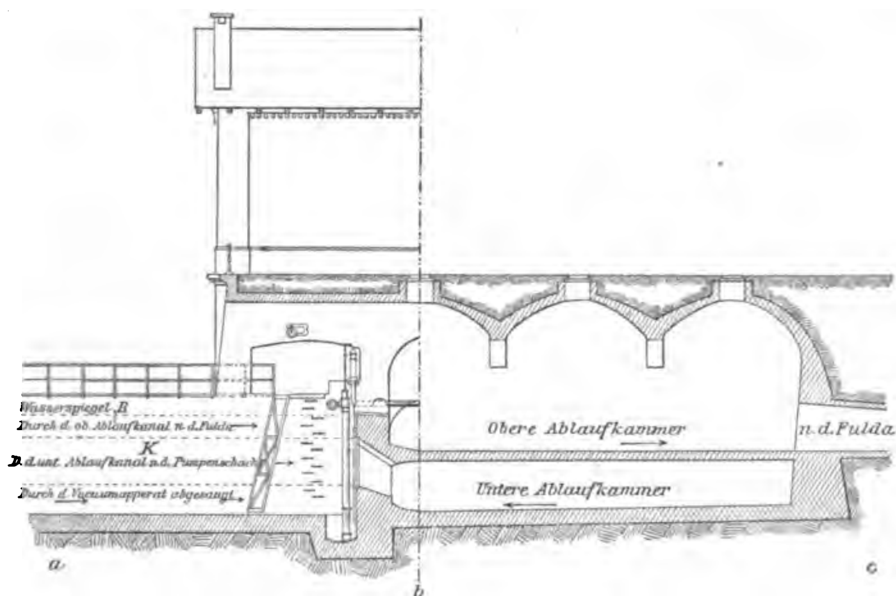


Fig. 92 a.

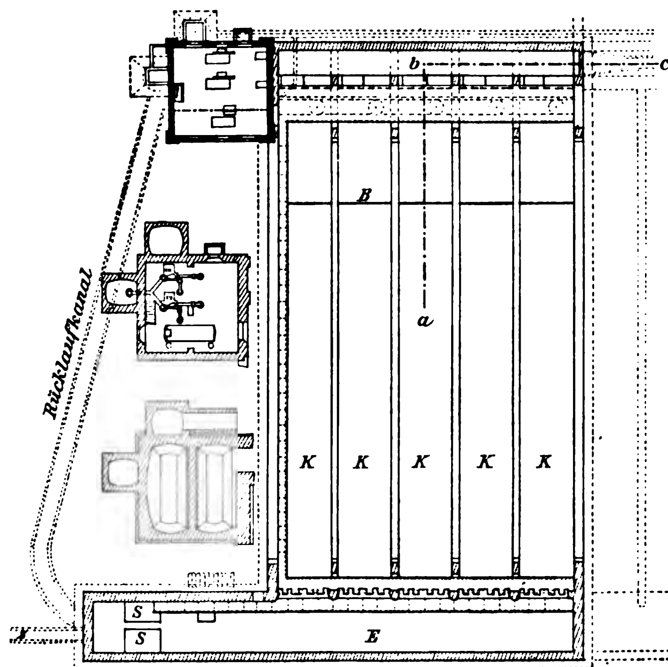


Fig. 92 b. Kasseler Kläranlage.

Mit einer derartigen mechanischen Klärung kann man namentlich da ausreichen, wo die Verhältnisse des aufnehmenden Flusses günstig liegen (relativ große Wassermenge, gute Vorflut, geringe Benutzung). Ist vollständigere Reinigung und auch Beseitigung der gelösten fäulnisfähigen Stoffe erforderlich, dann muß Bodenfiltration oder Oxydationsverfahren der mechanischen Klärung folgen.

Zur chemischen Klärung benutzt man die auch für kleinere Abwässermengen benutzten, S. 384 bereits aufgeführten Präparate; besonders Ätzkalk, Tonerde- und Eisensalze. Stets verbindet man mit der chemischen Klärung bis zu einem gewissen Grade die mechanische; entweder werden Klärbecken angelegt, in denen das Kanalwasser zu sehr langsamer Strömung oder zur Stagnation gezwungen wird, nachdem es vorher mit geeigneten, Niederschläge hervorrufenden Chemikalien versetzt ist. Oder man richtet aufsteigende Filtration ein; das mit Chemikalien versetzte Wasser läßt man zu dem Zwecke am Boden von Gruben oder stehenden Zylindern eintreten und dann oben abfließen, so daß das aufsteigende Wasser die herabsinkenden Schlamm- und Niederschlagmassen passieren und gerade dadurch einer vollständigeren Klärung unterliegen muß. — Die schwimmenden Massen, Papier usw. und ebenso die gröberen Sinkstoffe, Sand usw., müssen vorher durch Sandfänge abgeschieden werden.

Eine sehr übersichtliche Anlage, in welcher Klärbecken und aufsteigende Filtration kombiniert sind, besteht in Wiesbaden (s. Fig. 93, 94). Dort ist erst ein System von vier Vorkammern eingerichtet, Gruben, in welchen aufsteigende Filtration stattfindet; gleichzeitig erfolgt dort eine innige Mischung mit den Chemikalien und ein allmähliches Absinken der Schlammteile. Durch einen breiten, schmalen Überlauf tritt das so schon teilweise gereinigte Wasser in drei Klärbecken, in welchen nunmehr völlige Klärung durch Absetzen stattfindet. Der Zusatz besteht nur aus Kalk; die Mischung geschieht in zweckmäßiger Weise durch ein Luftgebläse.

Als ein Beispiel ausschließlich aufsteigender Filtration sei das System von Röckner-Rothe erwähnt. Dasselbe hat eine spezifisch sinnreiche Einrichtung darin, daß ein selbsttätiger Heber eingeführt ist. Ein 7—8 m hoher Zylinder (Rothescher Turm), oben geschlossen, unten offen, taucht in ein Bassin mit dem zu reinigenden Wasser (Fig. 95). Dieser Zylinder repräsentiert den einen Heberschenkel, der andere besteht in einem oben am Zylinder abzweigenden Rohre, das in ein etwas tiefer liegendes Bassin führt und dort unter Wasser endet. Oben auf dem Zylinder ist ein Verlängerungsrohr (*G—H*) angebracht, von welchem ein Rohr zu einer Luftpumpe geht. Durch die letztere wird die Luft im Zylinder beim Inbetriebsetzen so lange verdünnt, bis das Wasser über der Mündung des Ablaufrohres steht. Damit beginnt dann die Heberwirkung, welche anhält, solange die Luftverdünnung dauert und solange das Niveau im Abflußbassin tiefer steht als im Zuflußbassin (*h*).

Um das mit Chemikalien versetzte Kanalwasser gleichmäßig in dem Zylinder zu verteilen, läßt man dasselbe einen Stromverteiler passieren, der durch

den ganzen Querschnitt des Bassins sich erstreckt. Derselbe ist dadurch hergestellt, daß von dem Einströmungsrohr Lattenstäbe in einem Winkel von etwa 30° nach abwärts gehen und jalousieartig mit queren Holzstäbchen verbunden sind. Der niedersinkende Schlamm fällt auf diesen Jalousientrichter, das aufsteigende Wasser muß durch denselben hindurchtreten. Bei dieser Begegnung kommt dann eine sehr gründliche Reinigung zustande.

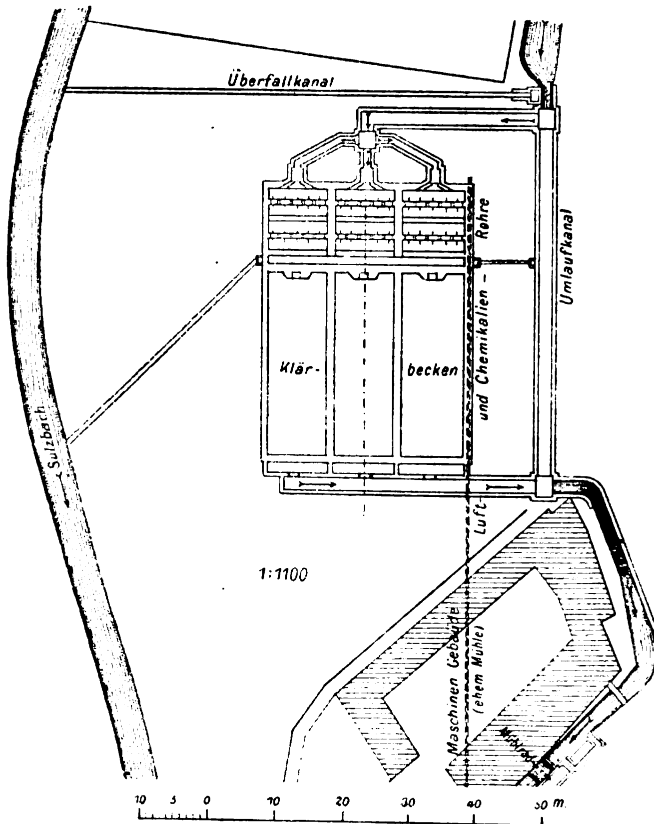


Fig. 93. Situationsplan der Klärbeckenanlage in Wiesbaden.

Noch zahlreiche andere Klärverfahren sind angegeben, die entweder durch den Umfang und die Art der mechanischen Klärung, die Reihenfolge der Prozeduren oder durch die Chemikalien, die zugesetzt werden, von den beschriebenen Methoden abweichen.

Beispielsweise sei genannt: Das Verfahren von Müller-Nahnsen, bei dem als Chemikalien Kalk, Aluminiumsulfat und lösliche Kieselsäure (so daß sich unlösliches Kalk-Aluminiumsilikat bildet) zugesetzt werden. Die Menge des Zusatzes wird der Menge des Abwassers automatisch angepaßt. Das gemischte Wasser läuft durch enge Mauerschlitze in zwei tiefe Klärbrunnen,

von deren spitz zulaufendem Grund der Schlamm fortwährend abgesogen wird, um im Maschinenhaus getrocknet und in Schlammkuchen verwandelt zu werden. Die seit vielen Jahren für einen Teil der Stadt Halle a/S. in Betrieb befindliche Anlage hat sich dauernd bewährt. — Beim HULWAschen Verfahren besteht der Zusatz aus Eisen, Tonerde, Kalk und Magnesia nebst Zellfaser. Der Überschuß von Ätzkalk soll eventuell durch nachträgliches Einleiten von Schornsteinluft beseitigt werden. — MAIRICH behandelt die mechanisch vorgeklärten Abwässer mit Preßluft, um die suspendierten Stoffe zu zertrümmern und ein homogeneres

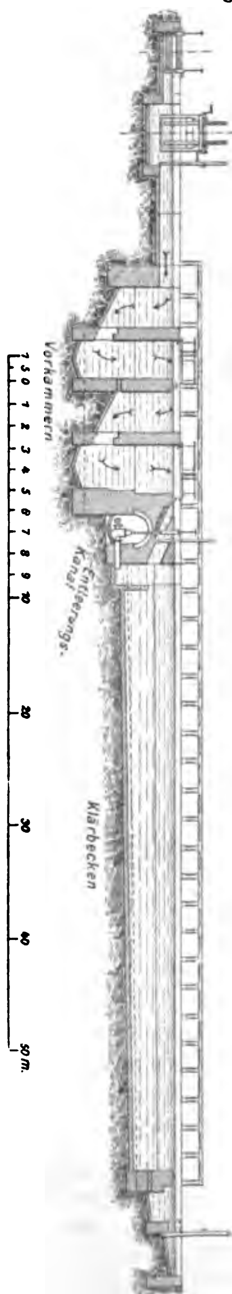


Fig. 94. Profil der Wiesbadener Klärbecken (an der Stelle der gestrichelten Linien in Fig. 93).

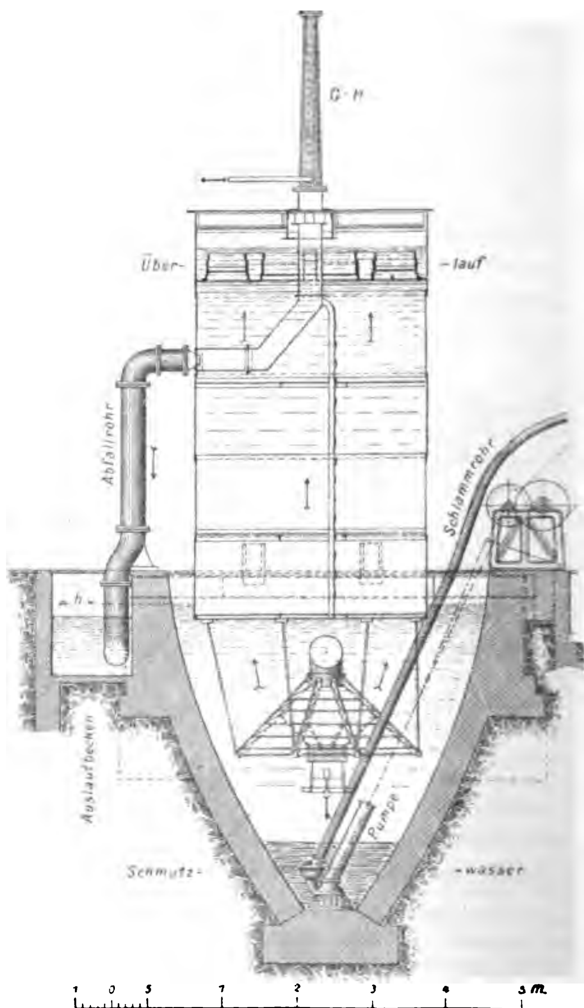


Fig. 95. Klärvorrichtung nach RÖCKNER-ROTHE.

Wasser zu erhalten, das durch Zusatz von Kalk und Eisenchlorid in Klärbrunnen völlig gereinigt wird. Nach der Reinigung erfolgt nochmalige Luftbehandlung. Der Schlamm wird von den Landwirten gern abgenommen.

Besondere Beachtung verdienen zwei neuere Verfahren: die in Leipzig eingeführte Eisenchloridbehandlung und das Degener-Rothesche Verfahren. — In Leipzig werden pro Kubikmeter Kanalwasser so viel Eisenchlorid und Eisensulfat zugesetzt, daß 50 g Eisenoxydhydrat entsteht; die Menge kostet 1 Pf. Durch das kohlensaure Ammoniak des Kanalwassers entsteht ein feinflockiger Niederschlag von Eisenoxydhydrat, welcher Eiweißkörper, Phosphate, Spaltpilze fast vollständig fällt, daher nicht nur die Schwebestoffe, sondern auch einen großen Teil der gelösten Stoffe beseitigt und ein nicht mehr fäulnisfähiges, fast keimfreies Wasser liefert. Allerdings entstehen sehr große Schlammmassen, die aber wenig riechen, und nicht Bakterien, sondern nur Fadenpilzen zur Wucherung dienen. In Leipzig hat man damit einen „Schlammberg" hergestellt, von dem der hinaufgepumpte Schlamm langsam herabfließt und dabei austrocknet.

Das Degener-Rothesche Verfahren geht ebenfalls darauf hinaus, auch die fäulnisfähigen gelösten Stoffe zu beseitigen. Zu diesem Zweck werden kräftig absorbierende Humussubstanzen in Form von feinpulvriger Braunkohle zugesetzt. Nachdem die Absorption erfolgt ist, werden Eisenoxydsalze zugesetzt, welche mit den Humusstoffen unlösliche großflockige Niederschläge geben, die alle feinen Schwebeteile der Jauche umhüllen. Die Trennung des gesamten Niederschlags von der klaren Flüssigkeit erfolgt dann außerordentlich vollständig im Rotheschen Turm (s. S. 406). Der Kohlezusatz beträgt ungefähr 1 Kilo Kohlenbrei auf 1 cbm Abwasser. Im Sedimentierturm verweilt die Flüssigkeit etwa 2 Stunden. Der Schlamm kommt in Vakuum-Entwässerungsapparate und wird dort stichbar (60 Prozent Wasser). Beim Lagern soll kein Geruch mehr auftreten. — Die Reinigung ist eine sehr vollständige, das abfließende Wasser gibt zu keinen Fäulnisprozessen Anlaß. Bakterien sind jedoch reichlich vorhanden; sollen auch diese beseitigt werden, so ist nachträgliche Desinfektion des geklärten Abwassers erforderlich.

Die Leistungen der mechanischen und chemischen Klärung lassen sich dahin zusammenfassen, daß bei guten Wasser- und Vorflutverhältnissen schon die mechanische Filtration, besonders in Form geeigneter Klärbecken, Ausreichendes leistet. Die meisten chemischen Methoden bewirken nur wenig vollständigere Klärung; auf gute Einrichtungen zur mechanischen Klärung kommt es jedenfalls mehr an als auf die Wahl des chemischen Zusatzes.

Unter den chemischen Fällungsmitteln hat früher der Ätzkalk die hervorragendste Rolle gespielt. Abgesehen von seinen energisch präzipitierenden Eigenschaften hat man auch viel von seiner bakterientötenden Wirkung erhofft. 1 Promille Ätzkali (oder Magnesia) tötet Typhus- und Cholerabazillen in ca. $1^1/_2$ Stunde ab. Aber es ist sehr schwierig, diese Konzentration zu erreichen, weil ein großer Teil des Ätzkalks rasch ausgefällt wird, und andererseits nicht erheblich zu überschreiten, was der Kosten wegen und wegen der Schädlichkeit kleiner gelöster Kalkmengen für Fische vermieden werden muß.

Außerdem ist der Schlamm der mit Kalk arbeitenden Anlagen ganz besonders ungünstig; er entwickelt üble Gerüche, sobald die Ätzkalkreste in Calciumkarbonat verwandelt sind, trocknet schwer und wird von den Landwirten als ungeeignet verworfen, weil er das Ammoniak frei macht und dessen Abdunstung befördert.

Mit Recht bevorzugt man daher neuerdings Tonerde- und besonders Eisensalze usw., bei denen die aufgezählten Mißstände in geringerem Grade hervortreten.

Sehr wichtig ist die Erfahrung, daß die mechanisch und chemisch geklärten Abwässer bei ungünstigen Wasser- und Vorflutverhältnissen noch zu Fäulnisprozessen Anlaß geben können, weil die gelösten Stoffe nicht beseitigt sind, vielmehr bei Verwendung von Ätzkalk sogar noch eine Zunahme zeigen. In dieser Beziehung scheint nur der reichliche Zusatz von Eisenoxydsalzen, wie er in Leipzig geübt wird, und das Degener-Rothesche Kohlebreiverfahren Genügendes zu leisten, so daß sich deren Effekte mit den Wirkungen der Bodenfiltration und des Oxydationsverfahrens auf eine Stufe stellen lassen.

Die Beseitigung der Bakterien und eventuellen Krankheitserreger erfolgt durch keines der beschriebenen Systeme hinreichend vollständig. Ist eine solche erforderlich, so muß dauernd oder zeitweise eine gesonderte Desinfektion der Abwässer erfolgen, und zwar ist diese bei den bereits geklärten Abwässern zu applizieren, da in denselben die Krankheitserreger mit viel geringeren Mengen von Desinfizientien abgetötet werden, als in der ungeklärten Jauche. Die Desinfektion soll ferner nicht einer Sterilisierung gleichkommen und alle Sporen von Saprophyten vernichten; sondern es genügt, wenn nach der Desinfektion Repräsentanten der Koligruppe nicht mehr lebensfähig sind. In vielen Fällen wird es außerdem genügen, wenn nur zeitweise, zu Epidemiezeiten und bei Abwässern bestimmter Gebäude, z. B. Krankenhäusern, eine Desinfektion der Abwässer verlangt wird. — Als bestes und billigstes Desinfiziens ist Chlorkalk ermittelt; 0·1 Promille bei 15 Minuten langer Einwirkung scheinen für gut geklärte Jauche völlig zu genügen; nur muß mit Rücksicht auf die Fische, die gegen Chlor sehr empfindlich sind, unter Umständen eine Neutralisierung mit Eisenvitriol auf die Desinfektion folgen. Der Preis für beide Chemikalien beträgt pro 1 cbm etwa 2·3 Pf.

Eine erhebliche Schwierigkeit verursachen bei den mechanisch-chemischen Klärungen oft die Schlammassen, die etwa 3 Promille der Abwassermenge ausmachen und im Laufe der Zeit sich enorm häufen. Die offenen Schlammlager belästigen stark durch Gerüche; das Trocknen geht zu langsam von statten· eine landwirtschaftliche Verwertung ist nicht überall durchzusetzen.

Maschinelle Filterpressen haben sich bei kleineren Anlagen bewährt. Auch die Vermischung mit Hausmüll (Marburg) oder Straßenkehricht (Kassel) scheint gute Resultate zu geben. Beim DEGENERschen Verfahren ist der Schlamm nach dem Trocknen mit oder ohne Zusätze besonders gut als Brennmaterial verwertbar.

Auch ein Zusatz von Schwefelsäure (zur Bindung des Ammoniaks), Erhitzen auf 60°, dann Pressen in der Filterpresse und Extraktion von Fett soll ein landwirtschaftlich gut benutzbares Präparat geben (Roubaix).

Es sind auch Versuche gemacht, die Abwässer auf elektrolytischem Wege zu reinigen. Die Methoden kommen im Grunde ebenfalls auf chemische Klärung hinaus. Nach dem WEBSTERschen Verfahren soll die Jauche einen Kanal durchfließen, in den Elektroden aus Kohle und aus Eisenplatten eingesetzt sind. Letztere werden unter Zuhilfenahme des Chlors der Abwässer in Eisenoxychlorid verwandelt, das mit organischen Substanzen unter Abgabe von Sauerstoff und Chlor, und unter Bildung von Eisenoxydhydrat zerfällt. Dieses wirkt kräftig präzipitierend. — HERMITE setzt dem Abwasser Meerwasser zu, in welchem vorher durch Elektrolyse freies Chlor entstanden war. Hierdurch soll Desodorisierung und Sterilisierung erzielt werden.

Am besten wirken die aufgeführten Klärmethoden gegenüber konzentrierteren Abwässern, wie sie namentlich bei den Separationssystemen und bei industriellen Etablissements vorliegen.

3. Die Separationssysteme.

Neuerdings wird statt der summarischen Kanalisation vielfach eine Separation der einzelnen Abfallstoffe, eine getrennte Behandlung der Fäkalien, des Hauswassers und des Meteorwassers empfohlen. Die Abzweigung des Meteorwassers hat entschiedene Berechtigung. Die Dimensionen der Schwemmkanäle sind wesentlich auf die Regenwassermengen zugeschnitten; die Kanäle würden sehr viel kleiner und billiger angelegt werden können, wenn sie nicht eben die wechselnden Mengen Niederschläge aufzunehmen hätten.

Nun hat freilich das Meteorwasser bei den Schwemmkanälen eine äußerst wichtige Funktion: nämlich den Kanalinhalt gelegentlich stark zu verdünnen und einen raschen Fluß der Kanaljauche und ein Fortschwemmen schwererer Sinkstoffe zu veranlassen. — Aber diese Funktion leistet das Meteorwasser weder in idealer Weise, da es dieselbe in ganz unregelmäßigen Zwischenräumen ausübt, noch ist es dabei als unersetzlich anzusehen.

Ein Ersatz kann einmal dadurch erreicht werden, daß von einem Fluß oder Teich oder von der Wasserleitung aus eine regelmäßige, willkürlich regulierbare Spülung des nur für Fäkalien und Abwässer bestimmten Kanalsystems eingerichtet wird. Die Kanäle können dann schon einen wesentlich geringeren Querschnitt erhalten. — Oder aber

die Fäkalien und Hauswässer werden in engen Kanälen mit maschineller Unterstützung fortbewegt, welche die Spülung überflüssig macht.

Dann ist auch die definitive Beseitigung des nur aus Fäkalien und Hauswasser bestehenden Kanalinhalts leichter. Für Berieselung ist die Masse allerdings zu konzentriert; der Einleitung des Kanalinhalts in die Flüsse stehen entschieden Bedenken entgegen. Dagegen kann die Verarbeitung zu Poudrette versucht werden, wenn es sich nur um Fäkalien handelt; werden die Hauswässer mit aufgenommen, so ist mechanische und chemische Klärung, Oxydationsverfahren und Desinfektion viel leichter durchführbar, weil die Masse der Abwässer soviel geringer und ihre Zusammensetzung viel gleichmäßiger ist.

Das Regenwasser wird ober- und unterirdisch in möglichst direkter Weise und ohne vorherige Sammlung in den nächsten Wasserlauf geführt. Das erscheint fast überall unbedenklich, sobald man das Wasser von verdächtigen Höfen u. dergl. den Kanälen zuführt; durch die Niederschläge gelangt zwar der ganze Straßenschmutz in den Fluß, aber das geschieht bei der Schwemmkanalisation periodisch (anläßlich jedes starken Regens durch Vermittelung der Notauslässe) auch, und zwar dann noch begleitet von wechselnden Anteilen Jauche.

Für die hygienische Beurteilung kommt viel darauf an, an welcher Stelle die Trennung der Abfallstoffe vollzogen wird. Wie schon bei Besprechung der Abfuhrsysteme hervorgehoben wurde, ist es hygienisch unrichtig, die Fäkalien gesondert zu behandeln und die Hauswässer mit dem Meteorwasser zusammen oberflächlich abzuführen. Einzig richtig ist es, Fäkalien, Hauswässer, Meteorwässer von verdächtigen Höfen und Straßenteilen und differente Industrieabwässer einerseits zusammenzufassen und unterirdisch abzuleiten; andererseits das Meteorwasser von Straßen, Plätzen, Dächern und indifferente Industrieabwässer zu vereinigen und in einfachster Weise fortzuführen.

In großen Städten wird man gleichwohl ausgedehntes Trennsystem meist nicht zur Anwendung bringen können, weil hier Überflutungen der Straßen durch stärkere Niederschläge möglichst vermieden werden müssen. Dagegen ist für kleinere Städte, ferner für solche Teile einer größeren Stadt, in denen die Terrainverhältnisse für eine Entfernung des Meteorwassers günstig liegen, das Trennsystem entschieden zu empfehlen.

In Gebrauch sind z. B. folgende:

a) Warings System. In Memphis (Amerika), Oxford usw. eingeführt. Die Kanäle nehmen kein Regenwasser (oder höchstens einen Teil, z. B. das

in den Höfen sich sammelnde) auf. Dafür sind am oberen Ende jedes Rohrstranges Spülbassins angebracht, von wo 1—2 mal täglich gespült wird; Spülwasser rechnet man 1 ccm pro Kopf und Jahr. Die Hausanschlüsse haben keine Syphons. Bei der Konzentration des Kanalinhalts erscheint dies nicht unbedenklich. Für die Revision der Kanäle muß gesorgt sein.

b) Shones Druckluft-(Ejektor-)System. Entweder Sammlung der Fäkalien in Kübeln, die an Sammelstellen entleert werden; der Inhalt wird in eisernen Rohren von 55 cm Weite mittels komprimierter Luft nach der Poudrettefabrik geschafft (Warington). — Oder besser so ausgeführt, daß enge Kanalrohre (18—30 cm weit) mit gutem Gefälle aus je einem Bezirk der Stadt die dickflüssige, aus Fäkalien und Hauswasser bestehende Masse zu einem tiefliegenden Behälter, dem Ejektor (*B* in Fig. 96), leiten. Die im Ejektor sich ansammelnde Flüssigkeitsmasse löst bei einer gewissen Füllung durch Hebung des

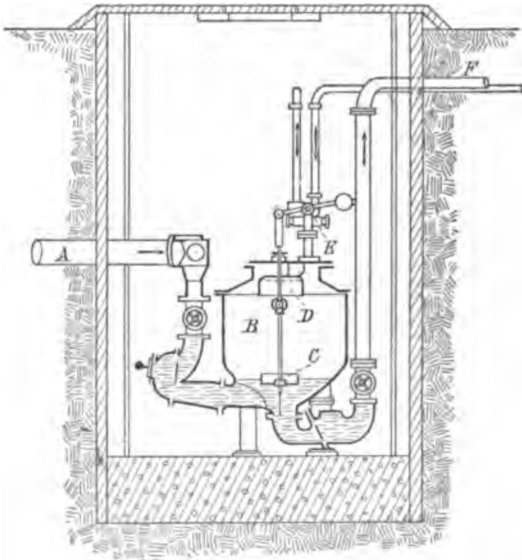


Fig. 96. Merten-Shones Druckluftsystem.

Schwimmers *C* bis nach *D* automatisch den Zutritt von Druckluft aus, welche den Inhalt heraus- und in die Abflußleitung drückt.

Andere Trennsysteme sind von Merten, Rothe, Mairich u. a. durchgeführt und mit den oben geschilderten besonderen Klärverfahren verbunden.

c) Das Liernursche pneumatische System. Ist in Stadtteilen von Prag, Hanau, Amsterdam, Leyden, Dordrecht usw. zur Ausführung gelangt, allerdings in sehr verschiedener Weise, da das System im Laufe der letzten Jahres mannigfache Modifikationen erfahren hat. Dementsprechend ist eine präzise Definition des Liernurschen Systems zurzeit kaum zu geben.

Die Entfernung der gesamten Abfallstoffe soll durch eine Reihe von Kanalsystemen geschehen. Das Bodenwasser soll durch poröse Drainageröhren abgeleitet werden, das Meteorwasser durch oberflächliche Rinnsale, nur in stark bewohnten Stadtteilen soll es in den Hauswasserkanälen Aufnahme finden.

Das eigentlich Charakteristische des Systems ist ein außer den vorgenannten Anlagen hergestelltes eisernes Rohrnetz, das unterirdisch die Stadt durchzieht, und durch welches alle Fäkalien nach einem Zentralbassin (*P* in Fig. 97) von Zeit zu Zeit angesogen werden, um demnächst als Dünger verkauft oder zu Poudrette verarbeitet zu werden.

Der Anfang dieses Rohrnetzes liegt in den einzelnen Aborten. Der Sitz besteht aus einem Tontrichter, welcher nach unten in ein eisernes Rohr über-

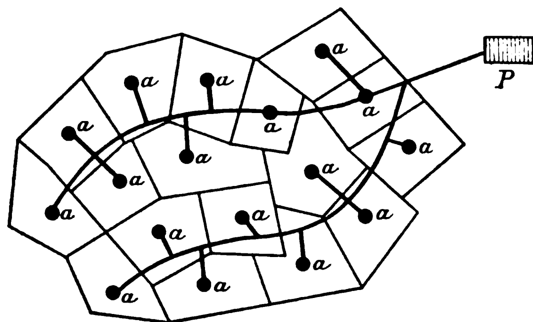


Fig. 97. Liernursches System.

geht. Dazwischen ist ein Syphon mit einer zungenartigen Verlängerung der hinteren Trichterwand angebracht, so daß derselbe auch bei geringer Füllung noch einen vollständigen Verschluß gewährt. Ein zweiter Syphon findet sich vor dem Anschluß an die Hauptleitung. Der Wasserverbrauch in den Klosetts ist beschränkt; es darf gewöhnlich höchstens 1 Liter pro Tag und Kopf zur Reinigung und zum Nachspülen verwandt werden. Gerüche sollen dadurch vermieden werden, daß ein vom Sitztrichter ausgehendes, an einen Schornstein angelehntes und bis über das Dach reichendes Ventilationsrohr die Gase abführt.

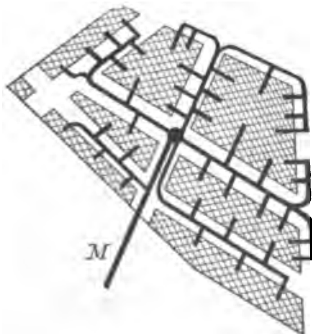


Fig. 98. Stadtteil mit Liernurschen Kanälen.

Die Haus- und Straßenrohre vereinigen sich mit sogenannten Gefällbrüchen, d. h. Kniestücken, die ein zu rasches Aspirieren des Inhalts aus einzelnen wenig gefüllten Rohren hindern sollen, zu einem an Straßenkreuzungen unter dem Pflaster gelegenen eisernen Reservoir. An dieses fährt täglich einmal eine lokomobile Luftpumpe; dann werden die Hähne der Straßenrohre geschlossen, das Reservoir dreiviertel luftleer gemacht, darauf die Hähne geöffnet und der Inhalt der Röhren aspiriert. Schließlich wird der Reservoirinhalt in einen fahrbaren Tender umgefüllt (aspiriert) und dieser fährt nach dem Depot, um die Fäkalien als Dünger abzugeben oder sie zu Poudrette zu verarbeiten.

Die lokomobile Luftpumpe soll nach Liernurs Plänen wo möglich durch eine außerhalb der Stadt gelegene Zentralstation ersetzt werden, von welcher

aus feststehende Maschinen die Evakuierung besorgen. Mittels der letzteren soll dann auch zugleich das Eindampfen der Fäkalien zu Poudrette erfolgen.

Das Liernursche System scheint sich in manchen Städten für die Beseitigung der Fäkalien bewährt zu haben. Aus ästhetischen Gründen wird das Verbot des Wassereingießens bemängelt; ferner stößt auch hier die genügende Verwertung der Fäkalien oft auf Schwierigkeiten. Die besonderen Hauswasserkanäle scheinen meist nicht ausgeführt zu werden. Dann aber ist das System vom hygienischen Standpunkt aus zu verwerfen. Und wenn andererseits Hauswasserkanäle vorhanden sind, dann stellt die gesonderte Fäkalienentfernung eine unnütze und teuere Komplikation dar.

Über die Kosten der verschiedenen Systeme zur Entfernung läßt sich sehr schwer eine Vergleichung aufstellen. Anlagekosten, Betriebskosten, inkl. der Kosten der Schlammbeseitigung, der Platzbedarf für die Reinigungsanlagen, die Regelung der Vorflut kommen dabei in Betracht. Oft liefert die Rechnung für die ersten Betriebsjahre günstige Ergebnisse und erst später ergeben sich Schwierigkeiten, deren Beseitigung viel Unkosten verursacht. Städte an großen Wasserläufen und guten Vorflutverhältnissen sind von vornherein günstiger daran; müssen in anderen Städten auch die gelösten Stoffe beseitigt werden, so erwachsen daraus neue Kosten. Nach Kruse darf man in Ansatz bringen pro Kopf der Bevölkerung und Jahr für:

Berieselung	1,3 bis 2,5 Mk.	
Oxydationsverfahren	0,8 „ 2,0 „	(ohne Faulraum)
Chemische Klärung	0,5 „ 1,8 „	(ohne Schlammbeseitigung)
Mechanische Klärung	0,3 „ 0,45 „	(„ „ „)
Schlammbeseitigung	0,1 „ 0,7 „	
Desinfektion	0,1 „ 0,8 „	

4. Der Kehricht und die Tierkadaver.

Der trockene Kehricht (Hauskehricht oder Hausmüll und Straßenkehricht) wird selbst in Städten, welche im übrigen ausgezeichnete Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe besitzen, oft in primitiver und rücksichtsloser Weise beseitigt. Da aber der Kehricht immerhin noch infektiöse Mikroorganismen beherbergen kann, so ist eine nicht zu sorglose Behandlung namentlich des Hauskehrichts entschieden indiziert; es ist auf gedeckte Behälter und vorsichtiges Entleeren (event. unter Anfeuchtung) zu achten. Neuerdings sind verschiedene „Kastenwagensysteme“ und Verfahren, die auf dem Sammeln in transportabeln Säcken und Kästen, mit Trennung in 3 Kategorien (Küchenabfälle, Scherben, Asche und Kehricht) beruhen, in Anwendung gekommen. — Die schließliche Zerstörung erfolgt am radikalsten durch Verbrennung, die in England vielfach eingeführt ist, eventuell nach Vermischen mit dem

Schlamm der Kläranlagen (s. oben), bei uns aber wegen der zu geringen Menge verbrennbarer Teile auf Schwierigkeiten stößt. Auch Versuche zur nachträglichen Sortierung, Düngerherstellung usw. sind gemacht; in Leipzig sind die unverbrennbaren Teile in praktischer Weise zur Anlage von „Scherbenbergen“ verwendet.

Tierkadaver und nicht verwendbare Teile von Schlachttieren werden nach der Abdeckerei geschafft.

Das Material der Abdeckereien bilden: 1. Die ganzen Kadaver der an Milzbrand, Rotz, Wut, Rinderpest, Rinderseuche, Rauschbrand, Pyämie etc. gestorbenen Tiere. Diese dürfen nach veterinärpolizeilicher Vorschrift nicht abgehäutet sein. 2. Die von Haut und Klauen befreiten Kadaver von Tieren, die an ausgebreiteter Tuberkulose erkrankt waren, oder in denen Finnen und Trichinen gefunden sind. 3. Kranke Organe von sonst noch verwertbaren Schlachttieren, z. B. Lebern mit Echinokokken, perlsüchtige Lungen, Karzinome, Actinomycesgeschwülste usw. 4. Alles konfiszierte faule und verdorbene Fleisch verschiedenster Herkunft. 5. Schlachtabfälle von gesunden und kranken Tieren, — zusammen jedenfalls eine Masse äußerst gefährlichen Materials. Sehr leicht können Infektionsstoffe wieder zum Menschen gelangen dadurch, daß Teile der Kadaver nachträglich verwertet werden. Namentlich sucht der Abdecker die Häute und Haare zu verkaufen, und es sind hierdurch schon viele Gerber, Wollarbeiter, ferner Roßhaararbeiter, Tapezierer, Bürstenfabrikanten usw. an Milzbrand und Rotz erkrankt. — Ferner kann eine Verbreitung von Keimen durch die Utensilien und Gerätschaften des Abdeckers, und bei ungenügender Verwahrung der Kadaver durch Insekten (Fliegen und Bremsen) stattfinden. — Die Abdeckereien belästigen außerdem die Anwohner oft auf sehr große Entfernungen hin durch üblen Geruch, der namentlich dann auftritt, wenn größere Mengen von Knochen und Häuten langsam an der Luft getrocknet werden.

Da, wo kein öffentliches Schlachthaus und kein Schlachtzwang besteht, gibt es viele heimliche, sogenannte Winkelabdeckereien, die unter dem Namen der Pferdeschlächterei oder Wurstschlächterei gefallenes Vieh aller Art schlachten und verarbeiten. Zuweilen verbergen sich solche Abdeckereien auch unter der Firma einer Leimsiederei, Dünger- oder Seifenfabrik.

Eine Regelung des Abdeckereiwesens und eine völlige und rasche Vernichtung oder sichere Beseitigung der nach der Abdeckerei geschafften Kadaver muß unbedingt verlangt werden. Dies kann geschehen 1. durch tiefes Vergraben an gesicherten Plätzen in mindestens 3 m Tiefe unter reichlichem Zusatz von Ätzkalk namentlich zu den etwa beschmutzten oberflächlichen Bodenschichten; 2. durch Verbrennen in besonders konstruierten Öfen (z. B. Koris Verbrennungsofen). Bei beiden Verfahren findet aber keinerlei Verwertung der Kadaver statt; diese ist bis zu einem gewissen Grade möglich, wenn 3. das Material einer trockenen Destillation mit Auffangen der Produkte unterworfen wird; und noch vollkommener, wenn 4. die Kadaver in besonderen Apparaten mit heißem Wasserdampf behandelt werden. Dies geschieht in sogenannten Digestoren, großen Papinschen Töpfen,

in welchen die Kadaver ca. 10 Stunden lang Dampf von mehreren Atmosphären Spannung ausgesetzt werden. Nach beendetem Kochen werden Fett und Leimwasser abgelassen; der Rückstand wurde früher herausgenommen, an der Luft getrocknet und schließlich zu Dungpulver verarbeitet. Da hierbei starke Gerüche auftraten, wird in den neueren Konstruktionen (Kafill-Desinfektor von RIETSCHEL & HENNEBERG, HARTMANNscher Apparat und PODEWILS' Apparat) der Rückstand gleich im Digestor in trockenes Pulver verwandelt, indem der Dampf dann nur in einen den inneren Zylinder umgebenden Mantelraum eingelassen wird und den Zylinder von außen erhitzt, während innen Luft zutritt. Die Apparate finden am besten im Schlachthof ihre Aufstellung; der weitaus größte Teil des zu vernichtenden Materials kann dann an Ort und Stelle bleiben.

Ist ein Transport der Kadaver nötig, so müssen die Karren völlig dicht sein und jedes Durchsickern von Blut usw. muß vermieden werden. Zu empfehlen ist ein Einhüllen der Kadaver in Tücher, welche mit Karbolsäure oder Sublimatlösung angefeuchtet sind.

Literatur. KÖNIG, Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Auflage, 1899. — BLASIUS und BÜSING, Die Städtereinigung in WEYLS Handb. d. Hygiene, 1894. — GERSON, WEYL, VOGEL, Rieselfelder und landwirtschaftliche Verwertung der Abfallstoffe, ibid. — WEHMER, Abdeckereiwesen, ibid. — DUNBER u. ROECHLING, Verh. d. Ver. f. öff. Ges., 1898. — GÄRTNER u. HERZBERG, ibid. 1897. — SCHMIDTMANN, Viertelj. f. ger. Med. u. öff. San., Supplementhefte 1898 u. 1900. — DUNBAR, ZIRN, PROSKAUER u. a. in Viert. f. ger. Med. u. öff. San., letzte Jahrgänge. — PFEIFFER u. PROSKAUER, Enzyklopädie der Hygiene, Leipzig 1905, Artikel „Abwässerreinigung" u. a. — SCHMIDTMANN u. GÜNTHER, Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin. Berlin 1903 u. folgende Jahre. — Für Untersuchung: FARNSTEINER, BUTTENBERG u. KORN, Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser. 1902.

VIII. Leichenbestattung.

Die Leichenbestattung erfolgt bei den heutigen Kulturvölkern fast ausschließlich durch Begraben.

In der beerdigten Leiche tritt zunächst Fäulnis durch Fäulnisbakterien (hauptsächlich Anaëroben) ein, die namentlich vom Darm her einwandern. Demnächst beteiligen sich tierische Organismen, und zwar Larven verschiedener Fliegenarten und Nematoden (Pelodera). Namentlich ist eine kleine 2—3 mm lange Fliegenlarve beteiligt, deren leere gelbbraune Puppenhüllen sich oft zu Milliarden in den Särgen finden. Dieselben tragen sehr energisch zur vollständigen Zerstörung und Oxydation der organischen Stoffe bei; durch die lebende tierische Zelle kommt es zu einer der Verwesung gleichen Zerstörung

organischer Substanz. — Die tierischen Organismen bedürfen einer gewissen Feuchtigkeit, reichlichen Luftzutritts und einer relativ hohen Temperatur; wo diese fehlen, beteiligen sie sich nicht an der Verwesung.

Die stinkende Fäulnis dauert etwa 3 Monate, selten länger; durch die Kleidung wird sie zuweilen beträchtlich verzögert, nicht dagegen durch den Sarg, der im Gegenteil die Meteorwasser abhält, die dichte Umlagerung der Leiche mit feuchten Bodenschichten hindert und statt dessen einen gewissen der weiteren Zersetzung förderlichen Luftraum garantiert.

Im Wasser und ebenso in einem nassen, Grundwasser führenden Boden tritt zunächst raschere Fäulnis ein, bei welcher fast ausschließlich Anaëroben beteiligt sind. Eine zweiwöchentliche Wasserleiche ist in der Zersetzung etwa so weit vorgeschritten, wie eine achtwöchentlich begrabene Leiche. Später kommt es aber unter solchen Verhältnissen zu einem Stillstand der Zersetzung und oft zur Leichenwachsbildung.

In einem mäßig trockenen, grobporigen Boden von nicht zu hoher Schicht findet die reichlichste Beteiligung der tierischen Organismen und damit möglichst schnelle und vollständige Verwesung der Leiche statt. In Kies- und Sandboden sind Kinderleichen etwa nach 4 Jahren, die Leichen Erwachsener nach 7 Jahren, im Lehmboden nach 5 bezw. 9 Jahren bis auf Knochen und amorphe Humussubstanzen zerstört.

Unter Umständen nimmt die Zersetzung der Leichen im Boden einen abnormen Verlauf; besonders dann, wenn durch irgendwelche Einflüsse die Beteiligung der erwähnten tierischen Organismen ausgeschlossen ist. Es kommt so entweder zur Mumifikation. Die Leichen sind dann in eine trockene, schwammige, strukturlose Masse verwandelt, die leicht zu Staub zerfällt. Oft sind die Formen scheinbar vorzüglich erhalten.

Mumifikation tritt ein nach Phosphor-, Alkohol-, namentlich aber nach Arsenik- und Sublimatvergiftung; ferner infolge gewisser lokaler Verhältnisse des Friedhofs, nämlich großer Trockenheit, starker Durchlüftung oder zu niederer Temperatur des Bodens, so daß sich die tierischen Organismen gar nicht und die Fäulnisorganismen nur bis zu einem gewissen Grade an der Verwesung beteiligen. Man findet die Mumifikation z. B. im Wüstensand, ferner im Kirchhof des St. Bernhard-Hospizes und in tiefen Klostergrüften, dort infolge der Trockenheit, hier infolge der Kälte.

Oder es kommt zur Adipocire-(Leichenwachs-)Bildung. Die Leichenteile werden, nachdem eine kurze Zeit Fäulnis bestanden und die meisten Eingeweide zerstört hat, ganz oder teilweise in eine grauweiße, homogene, leicht zerbröckelnde Masse verwandelt, die auf der Schnittfläche Fettglanz zeigt, sich fettig anfühlt, in der Hitze schmilzt und fast geruchlos ist. Oft ist dieselbe so fest, daß sie beim Anstoßen tönt. Die äußere Körperform ist oft wunderbar erhalten, in Haut, Muskeln und Knochen lassen sich mikroskopisch noch Reste der Textur erkennen. Ferner ahmt die Fettsubstanz oft geradezu die

Form der betreffenden Texturelemente nach. Chemisch scheinen teils Cholesterin, teils Ammoniak- und Kalkseifen der höheren Fettsäuren, teils freie Fettsäuren vorzuliegen.

Woher das Leichenwachs stammt, ist noch nicht völlig klargestellt; einige Forscher behaupten, es erleide das Fett der Leiche eine eigentümliche Umwandlung, während die Eiweißsubstanzen verschwinden. Andere folgern namentlich aus den mikroskopischen Untersuchungen, daß wirklich eine Fett- und Seifenbildung aus Eiweiß bei der Leichenwachsbildung beteiligt ist.

Auch die Adipocirebildung scheint nur dann einzutreten, wenn die normalerweise wirksamen Organismen, besonders die tierischen, in ihrer Funktion gehemmt sind, und zwar namentlich, wenn dies infolge von Luftmangel geschieht. Daher findet man die Leichenwachsbildung bei Wasserleichen, in nassem Tonboden, in Zementgruben, in hermetisch schließenden Särgen, ferner in alten, stark benutzten und offenbar undurchlässig gewordenen Begräbnisplätzen.

Übt ein Kirchhof, in welchem die Verwesung der Leichen in der geschilderten Weise vor sich geht, irgendwelchen **gesundheitsnachteiligen Einfluß** auf die Anwohner aus? Früher hatte man in dieser Beziehung übertrieben schlimme Vorstellungen. Eine Reihe von Krankheiten sollte von den Kirchhöfen aus übertragen werden und die Leichengase sollten eine starke Belästigung und Gesundheitsgefahr für die Anwohner bedingen. Dementsprechend sind früher sehr rigorose Vorschriften über den Abstand der Wohnungen von Kirchhöfen erlassen worden; noch heute wird in Frankreich und in der Rheinprovinz ein Abstand von 100 m gefordert.

Es handelt sich indes bei der Leichenzersetzung um eine einfache Fäulnis und Verwesung organischer Substanz, und zwar ist der Umfang dieses Prozesses bei geregeltem Kirchhofsbetrieb ein relativ geringer und die Zersetzung verläuft so allmählich, daß unmöglich Schädigungen oder Belästigungen daraus resultieren können. Irgendwelche spezifische **giftige** Leichengase werden nicht gebildet. Ein **übler Geruch** macht sich nur in Massengrüften geltend, wie sie in London, Paris, Neapel früher vorkamen, in welche in kurzen Zwischenräumen große Mengen von Leichen eingelagert wurden. Sobald jedoch die Bestattung in einigermaßen geordneter Weise vorgenommen wird, können riechende Zersetzungsgase nicht bemerkbar werden, zumal die Hauptmasse derselben durch den Boden absorbiert wird. Diese Absorption ist eine so vollständige, daß selbst beim Ausgraben der Leichen fast niemals ein Geruch wahrzunehmen ist.

Infektionen kommen von den begrabenen Leichen aus nicht leicht zustande. Die meisten Infektionserreger bleiben, wie experimentell nachgewiesen ist, in der Leiche nicht lange lebensfähig, sondern

gehen unter dem Einfluß der wuchernden Saprophyten binnen wenigen Tagen oder Wochen zugrunde. Einige Infektionserreger können sich freilich länger am Leben halten; so können virulente Tuberkelbazillen noch nach Monaten, vielleicht sogar nach Jahren, in begrabenen Leichen nachgewiesen werden; auch Typhusbazillen sind ziemlich resistent. Für alle diese Erreger ist aber, wie oben (S. 124) ausgeführt wurde, ein Herausgelangen aus der Tiefe des Grabes an die Bodenoberfläche nicht möglich, es sei denn in seltensten Fällen durch Vermittelung von Tieren wie Ratten, Maulwürfen u. dergl. — Damit stimmt überein, daß in der Tat keinerlei gut beglaubigte statistische Belege für eine höhere Morbidität oder für eine gesteigerte Frequenz infektiöser Erkrankungen unter den nahe an Kirchhöfen wohnenden Menschen vorliegen.

Zuweilen kann durch die Verwesungsprodukte eine Verunreinigung des Grundwassers erfolgen. Bei zahlreichen Untersuchungen zeigten indes die Kirchhofsbrunnen weniger Verunreinigungen, als die sonstigen städtischen Brunnen. Außerdem ist eine Verschleppung von Infektionserregern auf längere Strecken bei dichtem Boden ganz ausgeschlossen, bei lockerem Geröllboden sehr erschwert. Immerhin wird man ein Grundwasser zum Wasserbezug vermeiden, welches in einer gewissen nahen Berührung mit Begräbnisplätzen steht. Auch ist zu beachten, daß Sandadern in einem Lehmboden geradezu drainierend wirken und die Verwesungsprodukte, die in einem solchen Boden gebildet sind, in relativ großer Menge den in der Richtung des Gefälles gelegenen Brunnen zuführen können.

Es lassen sich somit alle Gesundheitsschädigungen und Belästigungen durch Begräbnisplätze leicht vermeiden, wenn letztere nach folgenden Vorschriften angelegt und betrieben werden:

Das Terrain soll möglichst frei liegen, plateauartig sein. Sandboden, der eventuell mit etwas Lehm gemengt ist, bietet die günstigsten Bedingungen. Das Grundwasser soll wenigstens 3 m mittleren Abstand von der Bodenoberfläche haben und der maximale Grundwasserstand muß genau bekannt sein. Wohnhäuser sollen mindestens 10 m Abstand von den Begräbnisplätzen haben, Brunnen mindestens 50 m, wenn das Gefälle des Grundwassers nach dem Brunnen hin gerichtet ist.

Als richtige Größe der Gräber wählt man eine Länge von 260 cm, eine Breite von 100 cm; 60 cm entfallen auf die Zwischenwandungen, im ganzen also 4 qm für das Grab eines Erwachsenen resp. 2 Kindergräber. — Die Tiefe des Grabes sei 6 Fuß; an manchen Orten hat man 4 Fuß als vollkommen ausreichend gefunden. Die Särge sollen nicht zu dicht sein, eventuell durchbohrte Wände haben. Es ist wohl vorgeschlagen, Kochsalz und Weinsäure in den Sarg zu

füllen, um die Bakterien und die Fäulnis möglichst zu hemmen und die Schimmelpilze zu begünstigen; letztere sind aber für die Verwesung viel zu einflußlos, und es ist daher dies Verfahren zu widerraten.

Als Begräbnisturnus ist für die Erwachsenen eine Frist von 10 Jahren, für Kindergräber eine Frist von 5 Jahren einzuhalten; übrigens ist der Turnus zweckmäßig im Einzelfalle je nach den lokalen Verhältnissen zu bestimmen. Eine Bebauung alter Kirchhöfe darf in Preußen erst 40 Jahre nach dem Schluß der Bestattung erfolgen; eine kürzere Frist, von etwa 20 Jahren, würde meist ausreichend sein.

Auf dem Kirchhof ist eine Leichenhalle anzulegen. In den Wohnungen der Armen ist eine Aufbewahrung der Leichen bis zum Begräbnis schlechterdings unmöglich, wenigstens nicht ohne große Belästigung der Umwohner, außerdem auch nicht ohne Gefahr, da eine Reinigung und Desinfektion der Wohnung nicht eher zu erfolgen pflegt, als bis die Leiche fortgeschafft ist. Kontagiöse Leichen sind in Tücher, die mit Karbollösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind, einzuschlagen (vgl. Kap. IX). Um den Geruch, der sich bei rascher Zersetzung entwickelt, zu hindern, wird der Sarg zweckmäßig mit Holzkohle oder Holzkohlenkleie gefüllt.

Die Leichenhalle, zu deren Benutzung der Arzt nach Möglichkeit zureden soll, muß ein gefälliges Gebäude mit würdiger dekorativer Ausstattung darstellen. Dort lassen sich auch elektrische Klingeln mit den Leichen in Berührung bringen, deren Kontakte bei der geringsten Bewegung ausgelöst werden und welche somit gegen das (im großen Publikum hartnäckig, obwohl grundlos, gefürchtete) Lebendig-Begrabenwerden Schutz gewähren.

Ferner ist sehr empfehlenswert eine Bepflanzung des Kirchhofes; wo möglich sollen parkartige Anlagen geschaffen werden. Die Kirchhöfe können dann beliebte Spaziergänge werden und befriedigen gleichzeitig das Bedürfnis nach in der Stadt gelegenen öffentlichen Gärten. Jedenfalls sollten alte, nicht mehr benutzte Friedhöfe in dieser Weise Verwendung finden.

Neuerdings wird vielfach die Frage angeregt, ob es nicht besser sei, die Leichen zu verbrennen.

Wir haben hierfür das Beispiel der meisten alten Völker, namentlich der Inder, die seit Jahrtausenden ihre Leichen verbrennen. Allerdings wurde früher immer eine sehr unvollständige Verbrennung erzielt, die für unsere jetzigen Verhältnisse unannehmbar sein würde. Die ganze Frage ist neuerdings erst diskutierbar geworden, seit geeignete Verbrennungsöfen konstruiert sind. Dieselben beruhen gewöhnlich auf der Siemensschen Regenerativfeuerung, bei welcher hoch erhitzte Luft den Verbrennungsgasen zugeleitet wird. Es entsteht dabei eine außerordentlich intensive Hitze und sehr rasches Austrocknen der Leichenteile, und nach einer Zeitdauer von etwa 2 Stunden (abgesehen von 3—4stündigem Vorwärmen) hinterbleibt nur Asche mit relativ wenig Kohle gemengt. Die Asche der verbrannten Leichen soll eventuell in Urnen in eigenen Hallen aufgestellt oder auf Urnenfeldern begraben werden.

Fig. 99 illustriert den Vorgang der Verbrennung in einem Siemensschen

Ofen genauer. Aus dem Gaserzeuger (Generator) wird durch den Kanal *a* das Gas zugeleitet, durch den Kanal *b* Luft; die an der Vereinigungsstelle entstehende Flamme erhitzt das in der Kammer *A* gitterartig aufgeschichtete Ziegelmaterial *Z* zur Weißglut und dringt dann in die Kammer *B*, die bis zur schwachen Rotglut vorgewärmt wird. In *B* wird die eingeschobene Leiche zunächst vorgewärmt und ausgetrocknet. Dann wird die Gaszufuhr geschlossen, und nur Luft, die beim Durchstreichen durch das Ziegelmaterial bis nahe zur Weißglut erhitzt ist, zugeleitet. Diese bewirkt dann schnellste Verbrennung.

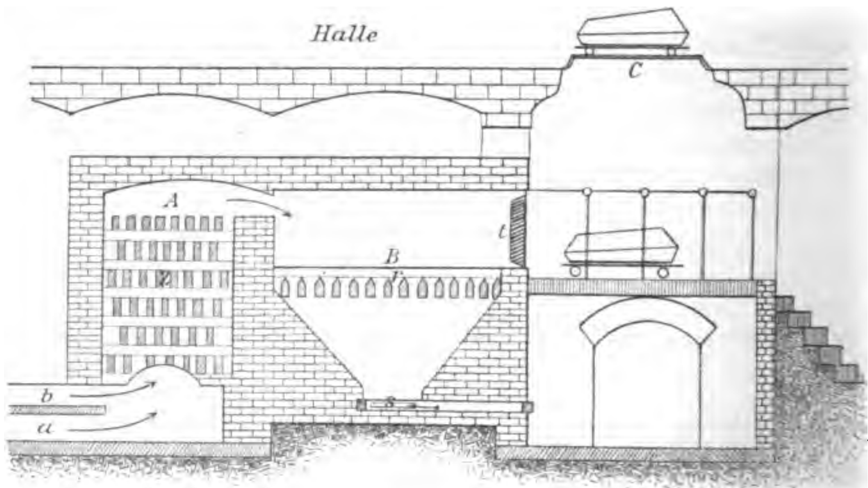


Fig. 99. Siemenssscher Leichenverbrennungsofen.
a Kanal für das Generatorgas. *b* Kanal für Luft. *A* Vorwärmkammer. *Z* Ziegelmaterial. *B* Verbrennungskammer. *t* Tür. *r* Tonrost. *s* Gefäß für die Asche. *C* Versenkung.

Vielfach wird behauptet, die Leichenverbrennung sei vom sanitären Standpunkt aus zu befürworten. Dies ist entsprechend den vorstehend gegebenen Ausführungen nicht richtig; wenn vielmehr etwas zur Annahme einer fakultativen Leichenverbrennung führt, so ist es einmal die genauere Erkenntnis der Zersetzungsvorgänge der begrabenen Leichen, die wohl imstande ist, eine Abneigung gegen diese Art der Bestattung zu erzeugen; vor allem aber die Schwierigkeit, in der Nähe großer Städte ohne übertriebenen Kostenaufwand das nötige Areal für Begräbnisplätze zu finden. — Von juristischer Seite wird gegen die Verbrennung wohl eingewendet, daß eine spätere Untersuchung der Leichen auf Gifte usw. alsdann unmöglich sei, und daß dadurch den Verbrechen Vorschub geleistet werden würde. Diesem Einwand kann dadurch begegnet werden, daß die Erlaubnis zur Verbrennung von einer möglichst sorgfältigen Leichenschau und einem Fehlen aller Verdachtsmomente abhängig gemacht wird.

Literatur: Schuster, Beerdigungswesen, in v. Pettenkofers u. v. Ziemssens Handb. d. Hygiene, 1882. — Hofmann und Siegel, Die hygienischen Anforderungen an Friedhöfe, Verhandl. des Deutsch. Ver. f. öff. Ges. 1881; Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 14, Heft 1. — Petri, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. 7. — Schönfeld und Grandhomme, Viert. f. ger. Med. 1891. Suppl. — Wernich, Leichenwesen Weyls Handb. d. Hygiene, 1895.

IX. Besondere bauliche Anlagen.

Ganz besondere Beachtung erfordert die richtige Anwendung der in den vorstehenden Kapiteln begründeten hygienischen Prinzipien in den Fällen, wo eine größere Anzahl von Menschen in gemeinsamen Baulichkeiten untergebracht und hier der Fürsorge anderer anvertraut werden, z. B. in Schulen, Waisenhäusern, Kasernen, Gefangenanstalten, Krankenhäusern, Irrenanstalten, Armenhäusern usw. — Hier seien speziell nur Schulen und Krankenhäuser hervorgehoben, mit deren hygienischen Einrichtungen jeder Arzt einigermaßen vertraut sein muß. Betreffs der übrigen Anstalten, die nur in speziellen Fällen das Interesse des Arztes in Anspruch nehmen, muß auf die unten zitierte Literatur verwiesen werden.

I. Schulen.

Da der Staat von den Eltern verlangt, daß sie ihre Kinder der Schule anvertrauen, muß man erwarten, daß die Kinder in der Schule von keinen Gesundheitsstörungen bedroht werden. Es ist daher zu fordern, daß die Schulhäuser so gebaut sind, daß sie jedem Kinde genügend Licht, normale Temperatur und normale Luftbeschaffenheit gewähren; daß ferner das Mobiliar und die Utensilien der Schulzimmer ohne Beeinträchtigung der Gesundheit benutzbar sind; daß der Betrieb der Schule die körperliche und geistige Entwicklung der Schüler nicht schädigt; und daß in der Schule keine Verbreitung von kontagiösen Krankheiten stattfindet.

Nicht immer entsprechen die Schulen diesen Forderungen; vielmehr sind zahlreiche Gesundheitsstörungen bei Schülern beobachtet, die durch den Schulbesuch hervorgerufen oder doch wesentlich unterstützt werden. Zu diesen gehört:

1. Die habituelle Skoliose. Im ganzen ist dieselbe nicht so häufig, als man früher angenommen hat; auch entwickelt sich die Krankheit nur bei einer gewissen individuellen Disposition, und wird namentlich bei Mädchen durch Handarbeiten außerhalb der Schule wesentlich unterstützt. Ein gewisser Einfluß der Schule ist aber oft unverkennbar. Fast stets handelt es sich um eine solche Verbiegung der Wirbelsäule, daß deren Konvexität nach rechts gerichtet ist, und diese entspricht gerade der bei schlechten Subsellien zustande kommenden Körperhaltung. Bei einem weiten Abstand des Sitzes vom Tisch, bei zu großer Höhe des Sitzes und unrichtiger vertikaler Entfernung der Tischplatte vom Sitz ist ein Schreiben in gerader Haltung des Körpers völlig unmöglich, zumal wenn eine rechtsschiefe Schrift gelehrt

wird und die Beleuchtung mangelhaft ist. Der Oberkörper muß sich dann vielmehr nach vorn und links neigen, die rechte Schulter wird gehoben, die linke gesenkt und vorgeschoben; die Muskeln müssen angestrengt werden, um den Körper in dieser Lage zu halten, und durch Aufstützen der Brust oder des linken Armes auf die Tischplatte sucht das Kind sehr bald die ermüdenden Muskeln zu entlasten. Dabei kommt dann eine solche Verschiebung der Einzelschwerpunkte der oberen Körperteile zustande, daß eine entsprechende Verbiegung der Wirbelsäule die Folge ist.

2. Die Myopie. Nachweislich treten die Kinder mit hyperopischen oder emmetropischen Augen in die Schule ein. Es ist statistisch festgestellt, daß die Myopie mit der Dauer des Schulbesuches zunimmt, in den Gymnasien am häufigsten und hochgradigsten wird, in den Dorfschulen viel seltener und geringfügiger auftritt (H. Cohn). Zu hochgradiger Myopie kann sich später geradezu eine Abnahme des Sehvermögens gesellen.

Zur Entstehung der Myopie der Schulkinder disponiert vielleicht zu einem geringen Teil Rassendisposition und der Knochenbau des Gesichtsschädels (niedere Augenhöhlen), zu einem weit größeren Teil erbliche Anlage. Zur Ausbildung kommt die Myopie aber hauptsächlich durch mangelhafte Beleuchtung und die oben geschilderte schlechte Körperhaltung beim Lesen und Schreiben. Der Kopf des infolge unzweckmäßiger Subsellien vorn übergebeugten Oberkörpers muß sich bei ungenügender Beleuchtung tief senken und das Auge der Tischplatte stark nähern; das Auge muß daher fortdauernd forciert für die Nähe akkommodieren, die Sehachsen konvergieren übermäßig, die Blutzirkulation im Bulbus wird gestört, und diese Momente scheinen dahin zusammenzuwirken, daß Dehnungszustände in der Nähe des hinteren Pols entstehen und eine Verlängerung der sagittalen Bulbusachse eintritt.

Zweifellos können auch schlechte Beleuchtung und unzweckmäßiges Sitzen im Hause, ferner feine Handarbeiten usw. die Ausbildung der Myopie unterstützen. Es kommt aber darauf an, daß die Schule keinesfalls an einer solchen Gesundheitsstörung direkt oder durch übermäßige Hausaufgaben indirekt ursächlich beteiligt ist, und daß vorsichtige Eltern, die für ihr Kind aufs gewissenhafteste sorgen, nicht durch die Schule Gefahren für dasselbe fürchten müssen.

3. Stauung des Blutabflusses aus Kopf und Hals, infolgedessen häufiges Nasenbluten und vielleicht auch der zuweilen beobachtete Schulkropf werden als eine weitere Konsequenz der oben geschilderten Schreibhaltung aufgefaßt.

4. Erkältungskrankheiten entstehen namentlich durch schlechte Heizeinrichtungen, stark strahlende Heizkörper, überhitzte oder ungenügend erwärmte Schulzimmer und durch unzweckmäßige Lüftungseinrichtungen, namentlich Fensterlüftung während des Unterrichts (s. unten).

5. Ernährungsstörungen und nervöse Überreizung kommen bei Schulkindern zur Beobachtung, wenn dieselben zu anhaltendem Sitzen und zu einer im Verhältnis zu ihren Anlagen übermäßigen geistigen Anstrengung gezwungen sind. Es läßt dann oft der Appetit nach, die Ernährung wird unzureichend, und im kindlichen Alter treten daraufhin außerordentlich schnell anämische Erscheinungen und abnorme Reizbarkeit hervor.

6. Kontagiöse Krankheiten, namentlich die akuten Exantheme, Diphtherie, Keuchhusten usw. werden nachweislich häufig in der Schule akquiriert. Das ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß die Kinder oft noch mehrere Tage die Schule besuchen, nachdem sie bereits an einer kontagiösen Krankheit erkrankt sind, daß sie ferner häufig mit Krankheitserregern auf den Schleimhäuten und mit gar nicht oder ungenügend desinfizierten Kleidern in die Schule zurückkommen, nachdem sie eine kontagiöse Krankheit überstanden haben. Die Ansteckung erfolgt bei den Kindern um so eher, als unter ihnen fortwährende Berührungen stattfinden. Außerdem lösen sich bei den lebhaften Bewegungen der Kinder leicht die eingeschleppten Keime von den Kleidern ab und verbreiten sich in der Luft, die stets große Mengen solchen Kleiderstaubes zu enthalten pflegt.

Angesichts dieser zahlreichen, von der Schule begünstigten Gesundheitsstörungen werden mit Recht eine Reihe von hygienischen Maßregeln zum Schutze der Schulkinder verlangt. Dieselben betreffen teils die baulichen Einrichtungen des Schulhauses, teils das Mobiliar und die Utensilien, teils den Betrieb der Schule.

A. Bauliche Einrichtungen.

Das Schulgebäude soll wo möglich nicht in zu großen Dimensionen angelegt werden, am besten nur aus zwei Stockwerken bestehen. Hygienisch am günstigsten ist das Pavillonsystem, bei dem Einzelgebäude von je 2—4 Klassen um einen gemeinschaftlichen Spielplatz gruppiert werden (z. B. in Drontheim). — In den meisten Fällen ist man an größere Zentralbauten nach dem Korridorsystem gebunden; es ist aber dahin zu streben, daß der Korridor an der einen Längsseite des Gebäudes angelegt wird, an der anderen Seite die Klassen-

räume; ein Korridor zwischen zwei Reihen Zimmern ist in bezug auf Licht- und Luftzufuhr erheblich ungünstiger, wird aber der Billigkeit wegen häufig projektiert und ausgeführt. — Mit Bezug auf die Himmelsrichtung ist eine Lage der Fenster nach Osten zu vermeiden wegen des zur Zeit der Schulstunden weit ins Zimmer einfallenden Sonnenlichts, das die verschiedenen Plätze sehr ungleich mit Licht und Wärme versorgt und teilweise blendend wirkt. Die Richtung gegen Süden ist weniger ungünstig, weil die Sonnenstrahlen namentlich im Sommer nicht so tief ins Zimmer einfallen. Die Lage nach Westen oder Nordwesten ist zulässig, wenn am späteren Nachmittag kein Unterricht gehalten wird. Das angenehmste Licht liefert die Lage gegen Norden, aber ausreichend nur dann, wenn die Lage des Gebäudes nach dieser Seite eine völlig freie ist.

Die einzelnen Schulzimmer sollen höchstens 9—10 m lang sein, weil bei größerer Länge das Sehen der Tafel und die Überwachung der Schüler auf Schwierigkeiten stößt. Die Tiefe der Zimmer wird gewöhnlich auf höchstens 7 m normiert und richtet sich im übrigen nach den gebotenen Lichtverhältnissen (vgl. S. 354). Die Höhe soll $3^1/_2$ bis höchstens $4^1/_2$ m betragen; bei größerer Höhe wird über zu starke Resonanz geklagt. Der maximale Kubikraum eines normalen Schulzimmers berechnet sich demnach auf 250—300 cbm. — Es ergibt sich aus dieser Maximalziffer zugleich die höchste Zahl von Schülern, welche ohne Nachteile in einem Schulzimmer überhaupt untergebracht werden können. Nach den im Kapitel „Ventilation" gegebenen Berechnungen muß man für jüngere Schüler 4—5 für ältere 6—7 cbm Luftraum oder 1 qm, resp. 1·5 qm Bodenfläche verlangen. Demnach darf ein Normalzimmer von maximalen Dimensionen nicht mehr als 50 Kinder im Durchschnitt aufnehmen.

Die Wände des Zimmers sind mit hellgrauer Öl- oder Leimfarbe zu streichen; wo möglich soll wenigstens ihr unteres Drittel abwaschbar sein. — Der Fußboden soll aus hartem Holz, das mehrfach mit siedendem Leinöl getränkt ist, möglichst gut gefugt sein und Ölfarbenanstrich erhalten. oder mit einem der neuerdings empfohlenen, gegen Staubentwicklung schützenden Ölpräparate „Dustless", „Staubfrei", „Sternolit" imprägniert sein; ungestrichener Fußboden muß wenigstens so beschaffen sein, daß er sich leicht mit feuchten Lappen oder feuchten Sägespänen reinigen und staubfrei machen läßt.

Lichtöffnungen. Keinesfalls darf seitliches Licht von der rechten Seite der Schüler her einfallen, da sonst der Schatten der schreibenden Hand auf das Papier fällt und eine zu starke Annäherung des Auges nötig ist, um noch den Kontrast zwischen den Buchstaben

und dem relativ dunklen Papier wahrzunehmen. — Ebensowenig soll das Licht von hinten her einfallen; es wirft dann der Kopf einen Schatten auf das Papier, und außerdem wird der Lehrer durch eine solche Beleuchtung geblendet und an der Überwachung der Schüler gehindert. Nur bei sehr hohen Fenstern und kurzen Klassen ist Beleuchtung von hinten zulässig, weil dieselbe dann mehr den Charakter des Oberlichts bekommt. — Beleuchtung von vorn ist ebenfalls unstatthaft, weil dann die Schüler geblendet und z. B. an dem Lesen der Tafel gehindert werden. — Auch bilaterales Licht ist unrichtig, sobald nicht die rechtsseitigen Fenster sehr stark zurücktreten; denn es kommt dabei immer zu einem deutlichen Schatten der Hand auf dem Papier, und zwar bei den am weitesten rechts sitzenden Schülern am stärksten.

Die einzig richtige Art der Beleuchtung ist entweder der Lichteinfall von links oder Oberlicht. Bei letzterem findet allein eine völlig gleichmäßige Verteilung des Lichtes statt, es bestehen keine besseren und schlechteren Plätze, und auch die Tiefe des Zimmers ist so gut wie unbeschränkt. Jedoch ist die Einführung des Oberlichts nur in wenigen Räumen möglich, und somit sind wir gewöhnlich auf den Lichteinfall von der linken Seite her angewiesen.

Ob die nötige Lichtmenge für jeden Platz geliefert wird, darüber sind vor dem Bau des Hauses Berechnungen nach der S. 355 beschriebenen Methode anzustellen. Nach Fertigstellung des Gebäudes ist die Lichtmenge für die zweifelhaften Plätze nach dem S. 355 unten geschilderten Verfahren zu kontrollieren. — Die Fenster sollen mindestens 20 Prozent der Bodenfläche des Zimmers ausmachen; selbstverständlich sollen sie nahe zusammengedrängt und nicht durch stärkere Pfeiler getrennt werden. Nach oben müssen sie möglichst hoch hinaufreichen; nach unten dagegen nicht zu weit hinabreichen, damit die horizontalen Strahlen, die nur blendend wirken, abgehalten werden; die Brüstung soll im allgemeinen 1,20 m hoch sein. Die das Fenster begrenzenden Pfeiler und Mauern sind nach innen abzuschrägen. — Gegen direktes Sonnenlicht gewähren Jalousien und Marquisen einen wenig zweckmäßigen Schutz, weil sie bei wechselnder Bewölkung fortwährend reguliert werden müssen. Am besten sind hellgraue Vorhänge, die in einem gewissen Abstand vor dem Fenster herabhängen und seitlich verschiebbar sind; dieselben können die durch einen Teil des Fensters einfallenden Sonnenstrahlen abblenden, während der andere Teil des Fensters frei bleibt und diffuses Tageslicht liefert.

In ungenügend belichteten Schulräumen hat man versucht, durch Hennigsche Tageslichtreflektoren mehr Licht zu gewinnen. Dieselben bestehen

aus einer drehbaren Glasplatte von der Breite des Fensters, die außen vor dem oberen Fensterteil in solchem Winkel angebracht sind, daß das auf die spiegelnd gemachte obere Fläche fallende Himmelslicht in das Zimmer reflektiert wird. Es kann dadurch wohl die allgemeine Helligkeit im Zimmer erhöht werden, dagegen gelingt es nicht, den Arbeitsplätzen mehr nutzbares Licht zuzuführen Hierzu können event. geeignete Prismen (Luxferprismen) benutzt werden. Doch ist eine ausreichende Hilfe auf diesem Wege überhaupt kaum zu beschaffen.

Bezüglich der künstlichen Beleuchtung s. die S. 365 begründeten Anforderungen. — Bei der künstlichen Beleuchtung von Schulsälen (Hörsälen mit einer Mehrzahl von Lichtquellen hat man es bisher als einen Übelstand empfunden, daß eine Lampe den Lichtbereich der anderen durch Werfen von Schatten (Hand, Kopf, Vormann usw.) stört, und daß ein Teil der Schüler gezwungen wird, durch einige der Flammen hindurch oder an ihnen vorbei nach dem Vortragenden zu sehen. Man hat daher in neuerer Zeit versucht, die künstliche Beleuchtung der natürlichen mit Tageslicht dadurch ähnlicher zu machen, daß man mittels unter den Lampen angebrachter Reflektoren deren Licht in diffuses verwandelt, indem man es zwingt, zunächst an die hellgeweißte Decke des Raums und von da in die unteren Partien des Raums auszustrahlen (indirekte Beleuchtung). Bei Einrichtungen dieser Art geht wohl ein Teil des Lichts verloren, dafür ist aber die Beleuchtung sehr gleichmäßig und angenehm. Vorteilhaftere Ausnutzung des Lichts erfolgt durch den Oberlichtreflektor von Hrabowski (Siemens & Halske), bei welchem das Licht nicht gegen die Zimmerdecke, sondern auf einen großen mattweißen Reflektor geworfen wird und von da in den Raum gelangt.

Heizung. Bezüglich der Heizung ist zu verlangen, daß die Temperatur während der ganzen Schulzeit und auf allen Plätzen des Schulzimmers nur zwischen 17 und 20°, bei Zentralheizung zwischen 16 und 19°, schwankt. Diese Forderung findet man jedoch sehr selten erfüllt; fast stets beobachtet man bei der Untersuchung von Schulen, daß die Kinder unter Abnormitäten der Heizung sehr stark zu leiden haben. Meist findet Überheizung statt (namentlich bei Zentralheizungen), oft treten erhebliche Schwankungen der Temperatur hinzu. Der Überheizung pflegen die Lehrer durch Öffnen der Fenster während des Unterrichts zu begegnen. Wie bereits S. 88 ausgeführt wurde, werden dadurch leicht Erkältungskrankheiten hervorgerufen. Die einströmende kalte Luft senkt sich rasch nach unten und trifft als kalter Luftstrom hauptsächlich Füße und Beine der ruhig sitzenden Schüler; während der Lehrer durch Ortswechsel und Bewegung sich der schädlichen Einwirkung der kalten Luft entziehen kann. In dieser Weise eine Überwärmung zu bekämpfen, ist daher durchaus unstatthaft. — Vielmehr ist darauf zu halten, daß durch eine verständige Handhabung der Heizung von vornherein jede Überwärmung vermieden wird. Vor dem Beginn der Schule soll die Temperatur nicht über 16° betragen; die von den Kindern selbst produzierte Wärme bewirkt dann einen raschen Anstieg bis 18° und mehr. Während der Unterrichts-

stunden sollen die Heizkörper in den Übergangsjahreszeiten und bei mäßiger Winterkälte keine oder nur sehr geringe weitere Wärme liefern; erst bei stärkerer Kälte dürfen sie fortlaufend beansprucht werden. In den Pausen zwischen den Schulstunden soll, schon um die riechenden Luftverunreinigungen fortzuschaffen, stets reichliche Lüftung erfolgen, am besten kurze Zuglüftung — je nach Außentemperatur und Windstärke 2 bis 5 Minuten lang —, vorausgesetzt daß die Schüler sich in der Zugluft nicht aufzuhalten brauchen. Durch diese Lüftung wird für die ersten Minuten nach dem Betreten der Klasse die Temperatur nicht unerheblich herabgesetzt; jedoch findet durch die erwärmten Wände so rasch wieder ein vollkommener Ausgleich statt, daß es erneuter bezw. stärkerer Heizung nicht bedarf.

Durch die Art der Heizanlage können die geschilderten Mißstände niemals ganz ausgeschlossen werden; in der Hauptsache kommt es bei jedem Heizsystem auf die richtige Handhabung an. Allerdings ist die Erzielung normaler Temperaturverhältnisse bei Ofenheizung besonders schwierig. Sind die Öfen noch während des Unterrichts warm, so resultiert eine sehr ungleiche Verteilung der Wärme auf die einzelnen Plätze; Schutz durch Ofenschirme bessert die Verhältnisse etwas, aber nicht genügend. Kachelöfen sind abends zu heizen, so daß während des Unterrichts das Schulzimmer nur von den durchgewärmten Wänden aus geheizt wird. Die massigen Öfen, die in den Schulen verwendet werden, sind aber stets zu wenig regulierfähig und folgen den plötzlichen Schwankungen der Außentemperatur zu schlecht. Mantel-Regulier-Füllöfen sind besser anpassungsfähig, erfordern aber fortgesetzte aufmerksame Regulierung. Gasöfen gewähren die feinste Abtsufung und völlige Staubfreiheit, sind aber teuer im Betriebe.

Von Zentralheizungen kommt die Luftheizung nur dann in Betracht, wenn alle oben (S. 330) als notwendig bezeichneten Vorsichtsmaßregeln, insbesondere Mischkanäle für jedes Zimmer, bei der Anlage berücksichtigt sind. Gerade unter unvollkommenen Luftheizungsanlagen haben Lehrer und Schüler besonders häufig zu leiden. Für den Betrieb einwandfreier Luftheizungsanlagen ist ein Heizer, der während der Heizzeit sich nur um die Heizung zu kümmern hat, unerläßlich. — Niederdruckdampf- und Warmwasserheizung sind für Schulen am zweckmäßigsten; letztere steht hinter der ersteren durch ihre schwerere Regulierbarkeit zurück. Bei gut angelegter und betriebener Niederdruckdampfheizung und regelmäßiger Pausenlüftung bleibt in bezug auf Erwärmung und Luftbeschaffenheit der Räume nichts zu wünschen übrig. Vielfach kombiniert man die Niederdruckdampfheizung mit einer Luftheizungsanlage, damit auch während des Unterrichts Zufuhr

frischer vorgewärmter Luft und Abfuhr der verbrauchten Luft erfolgen kann. Nur wenn die Luftheizung mit allen Kautelen umgeben ist, wird der beabsichtigte Zweck erreicht. Für gewöhnlich führt die fortgesetzte Zufuhr vorgewärmter Luft während des Unterrichts nur zur Überheizung, und wenn diese verhütet werden soll, wird die Luftzufuhr abgesperrt; und die Abfuhrkanäle zeigen bei der Untersuchung meist gar keine Luftbewegung, nicht selten sogar Umkehr der Stromrichtung.

In allen Fällen sind die Heizer mit genauer Instruktion zu versehen; und da diese namentlich bei Zentralheizungen lediglich die Sorge zu haben pflegen, daß die Zentralheizung ihnen ausgeht, oder daß ihnen wegen zu geringer Heizung Vorwürfe gemacht werden könnten, ist in der Instruktion das Vermeiden des Überheizens in erster Linie zu betonen. — Jede Klasse ist mit richtig aufgehängten leicht ablesbaren Thermometern (Skala nur von 0 bis 30°!) auszustatten; nur nach Angabe dieser Thermometer soll die Regulierung der Heizung erfolgen. Keinesfalls steht diese den Lehrern zu. Hat ein Lehrer abnormes Temperaturempfinden, so daß ihm Zimmerwärme von 17 bis 19° zu warm oder zu kalt erscheint, so muß er durch seine Kleidung sich anzupassen suchen. — Die Schulärzte (s. unten) sollten durch möglichst häufige gelegentliche Temperaturablesungen die Heizung der Schulen kontrollieren.

Ventilation. Eine fortlaufende Ventilation der Schulräume ist im Sommer vor allem deshalb notwendig, weil sie die Entwärmung und die Wasserdampfabgabe der Kinder erleichtert, Wärmestauung verhütet und dadurch die Kinder frisch und leistungsfähig erhält. — Außerdem gelangen während des ganzen Jahres bei starker Füllung der Schulklassen riechende gasförmige Verunreinigungen in die Luft, so daß beim Betreten des Zimmers Belästigung und Ekelgefühl entstehen kann. — Soviel als möglich ist daher die Produktion von riechenden Verunreinigungen der Luft zu hindern; es ist dafür zu sorgen, daß die Mäntel der Kinder außerhalb des Schulzimmers bleiben, insbesondere bei nassem Wetter; ferner sind die Schulbäder in möglichster Verbreitung einzuführen. Die Heizvorrichtungen sollen keinen Staub und keine üblen Gerüche liefern. — Für den Sommer sind außerdem herabklappbare obere Fensterscheiben, jedoch nur solche mit seitlichen Schutzblechen und nur an Stellen, wo der herabfallende Luftstrom nicht unmittelbar auf darunter sitzende Kinder trifft, zu benutzen. Aspirationskamine, in welchen für gewöhnlich durch den Wind, an windstillen Tagen aber durch Lockfeuer (Gasflammen) resp. Wasserventilatoren der nötige Auftrieb erzeugt wird, können zur Unterstützung dienen. — Am wichtigsten ist zur Beseitigung der produzierten Wärme und Luft-

verunreinigung gründliche Lüftung des Schulzimmers durch Öffnen von Fenster und Tür in jeder Pause zwischen zwei Unterrichtsstunden. Wo diese Vorschrift aufmerksam befolgt wird, ist eine Ventilation während der Stunden kaum mehr erforderlich.

Über Abortanlagen S. 391.

B. Mobiliar und Utensilien.

Subsellien. Schulbänke, welche Lesen und Schreiben bei gerader Haltung des Oberkörpers gestatten, müssen:

1. richtige Distanz haben, d. h. richtige horizontale Entfernung des vorderen Bankrandes vom inneren Tischrand. Ist diese Distanz positiv, wie bei den alten Schulbänken, so ist ein Vorbeugen des Oberkörpers unausbleiblich. Die Distanz soll vielmehr gleich Null, oder schwach negativ, z. B. —2·5 cm, sein (in Fig. 100 ist Nulldistanz vorhanden, wenn der vordere Bankrand bis *a* vorragt; Plusdistanz, wenn derselbe nur bis *c* reicht; Minusdistanz, wenn er bis *b* vorgeschoben ist). Nulldistanz findet man bei der von FAHRNER konstruierten Schulbank, Minusdistanz bei allen neueren Konstruktionen von BUCHNER, COHN, KUNTZE, KAISER usw.

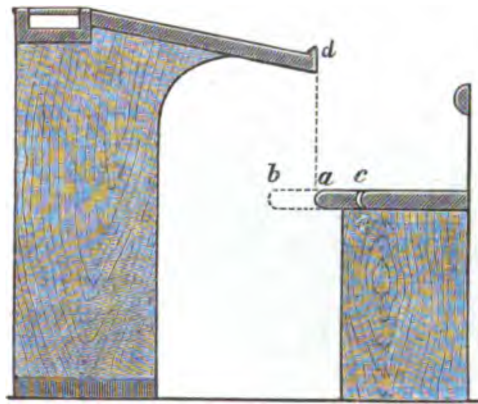


Fig. 100. Schulbank.
b Minusdistanz. *a* Nulldistanz. *c* Plusdistanz. *a*—*d* Differenz.

Die Minusdistanz bringt den Nachteil mit sich, daß die Schüler nur schwer in die Bank hinein und aus derselben heraus kommen und daß sie auf ihrem Platz nicht aufstehen können. Um dies zu ermöglichen, macht man die Bänke nur zweisitzig, so daß die Kinder, wenn sie aufgerufen werden, neben die Bank treten können. Da dieses Arrangement aber in vielen Fällen unausführbar ist, weil es zuviel Platz erfordert, so wird

entweder die Tischplatte zurückklappbar hergestellt, und zwar der Länge nach geteilt, so daß das untere Dritteil aufgeklappt und event. auch als Lesepult verwendet werden kann (FAHRNER, COHN); die Charniere werden jedoch leicht verdorben;

oder die Tischplatte ist verschiebbar; wird sie eingeschoben, so ist eine Plusdistanz von 10 cm vorhanden, so daß ein Aufstehen

bequem möglich wird. Im ausgezogenen Zustande dagegen resultiert eine Minusdistanz bis 5 cm (KUNTZE, Olmützer, Wiener Bank). Es treten leicht Betriebsstörungen ein, namentlich ist sehr gut getrocknetes Holz zur Anfertigung erforderlich.

Oder besser werden die Sitze beweglich eingerichtet. Früher konstruierte man die Sitze aufklappbar; jetzt werden dieselben entweder drehbar hergestellt, oder nach dem Muster der KAISERschen und der HIPPAUFschen Bank, wo eine Leiste nahe dem Boden den Drehpunkt für eine Vor- und Rückwärtsbewegung der Einzelsitze resp. des Sitzbrettes bildet. Beim Aufstehen erhält der Sitz einen Stoß, der ihn nach hinten bewegt, beim Niedersitzen ist der Sitz vorzudrücken.

2. Richtige Differenz, d. h. richtiger vertikaler Abstand des inneren Tischrandes von der Bank (Fig. 100 *a*—*d*). Der zum Schreiben im Ellbogen gebeugte und etwas nach vorn geschobene Vorderarm soll ohne Hebung oder Senkung der Schulter auf die Tischplatte zu liegen kommen; also muß die Differenz gleich sein der bei frei herabhängendem Arm gemessenen Entfernung von der Bank bis zum Ellbogen plus einem Maß, das der Höherlage desselben beim Vorschieben zum Schreiben entspricht; dieses Maß ist zu 2 cm bestimmt. Im Ganzen beträgt die Differenz bei Knaben etwa 15 Prozent, bei Mädchen 16 Prozent der Körperlänge (bei letzteren etwas mehr wegen der dickeren Unterlage von Kleidung), z. B. für eine Körperlänge von 110—120 cm = 17 cm, von 121—131 cm = 18·5 cm, von 132—142 cm = 20 cm, von 143—153 cm = 21·5 cm.

3. Richtige Höhe des Sitzes. Ist der Sitz zu hoch, so setzt sich das Kind auf die vordere Kante der Bank und lehnt sich nach vorn, um mit den Füßen den Boden zu erreichen. Es soll jedoch bei gerader Haltung des Oberkörpers der Fuß mit ganzer Sohle auf dem Boden oder dem Fußbrett ruhen; daher muß die Sitzhöhe der Länge des Unterschenkels vom Hacken bis zur Kniebeuge entsprechen. Diese beträgt etwa $^2/_7$ der Körperlänge, aber mit einer kleinen Progression fortschreitend, für 110—120 cm Körperlänge = 33 cm, für 121—131 cm = 36·5 cm, für 132—142 cm = 40 cm, für 143—153 cm = 44 cm. Das Sitzbrett wird entweder geschweift oder erhält besser eine schwache Neigung nach hinten, so daß es dort einen Zentimeter tiefer steht als vorn. — Zweckmäßig werden Abstreifroste als Fußbretter angebracht.

4. Richtige Lehne. Die beste Stütze des Oberkörpers wird erreicht durch eine Kreuzlehne, d. h. ein schmales Brett, welches sich nur in der Höhe des Kreuzes hinzieht; oder aber durch eine ge-

schweifte, im Kreuz vorspringende und oben zurückweichende Rückenlehne. Bei einer geraden Rückenlehne schwebt gerade der untere Teil der Brustwirbelsäule und die Lendenwirbelsäule frei zwischen Stütze und Bank. Neuerdings werden auch Schulbänke konstruiert (Schenk, Lorenz u. a.) mit stark zurückweichender Rückenlehne und lehnsesselartigem Sitz, so daß der ganze Oberkörper in allen Teilen gestützt wird. Es scheint bei dieser Stellung eine noch geringere Muskelanstrengung erforderlich zu sein, als bei Anwendung einer Kreuzlehne.

5. Die Tischplatte soll einen horizontalen Teil enthalten, der die Tintenfässer aufnimmt und 10 cm breit gerechnet wird. Der vordere Teil soll geneigt (und zwar 1:5 bis 1:4) und 35—40 cm breit sein. Für den Platz eines Kindes sind nicht unter 50 cm, bei größeren Kindern nicht unter 60 cm Banklänge zu rechnen.

Da die Differenz und die Sitzhöhe der Subsellien nach der Größe der Kinder bemessen werden muß, da aber in derselben Klasse gewöhnlich Kinder von sehr verschiedener Körpergröße sitzen, so ist vom hygienischen Standpunkt aus unbedingt erforderlich, daß die Kinder einigermaßen nach ihrer Körpergröße gesetzt werden und daß sie den Platz auf der für sie passenden Bank ein für allemal behalten. Das Setzen nach dem Ausfall der Zensuren oder gar das Zertieren ist mit diesen Forderungen der Hygiene nicht in Einklang zu bringen.

Schulutensilien. Als Wandtafeln sollen weiße Tafeln mit schwarzer Schrift benutzt werden; oder wenigstens mattschwarze, event. mit Schieferüberzug versehene Tafeln, auf welchen mit weicher weißer Kreide geschrieben wird. Bei einem Schulzimmer von 9 m Länge sollen die an der Tafel geschriebenen Buchstaben eine Höhe von mindestens 40 mm haben. — Schulbücher sollen ein rein weißes oder höchstens schwach gelbliches, von Holzstoff möglichst freies Papier haben von mindestens 0·075 mm Dicke. Die Größe der Buchstaben ist so zu bemessen, daß das n nicht unter 1·5 mm hoch und dessen Grundstrich mindestens 0·3 mm breit ist; die Approche soll derart sein, daß 5—6 Buchstaben auf einen Zentimeter kommen, der Durchschuß (Raum zwischen zwei Zeilen) soll 2·5—3·2 mm betragen. Nach H. Cohn prüft man, ob ein Schulbuch den hygienischen Anforderungen bezüglich des Drucks entspricht, am einfachsten dadurch, daß man ein Stück Papier mit einer 1 qcm großen Öffnung auf die Zeilen legt; es dürfen dann nicht mehr als 2 Zeilen sichtbar sein. — Die Schiefertafeln der Kinder sollen sobald als möglich durch Papier und Tinte ersetzt werden, da allgemein brauchbare weiße Tafeln und dunkle Stifte noch nicht existieren. Tintenbuchstaben gleicher Größe verhalten

sich in bezug auf ihre Wahrnehmbarkeit zu den auf der Schiefertafel geschriebenen Buchstaben wie 4:3, mit Bleistift geschriebene Buchstaben zu den letzteren wie 8:7.

Ein Nachteil liegt in der jetzt noch vielfach gelehrten rechtsschiefen Kurrentschrift und in der schiefen Rechtslage des Schreibheftes. Bei ganz gerader Körperhaltung erscheint eine gerade mediane Lage des Heftes (vor der Mitte des Körpers) und eine Schrift von links oben nach rechts unten, oder wenigstens eine gerade Rechtslage des Heftes und eine fast senkrechte Schrift als die natürlichste. Rechtsschiefe Schrift ist bei medianer Lage des Heftes nur mit ermüdender Beugung des Handgelenks möglich; bei gerader Rechtslage des Heftes und noch mehr bei schiefer Rechtslage nur unter Verdrehung des Kopfes und des Oberkörpers oder der Augen derart, daß die Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen schließlich parallel zur Zeilenrichtung verläuft.

Ferner ist ein möglichst ausgedehnter Gebrauch der deutlicher wahrnehmbaren lateinischen Lettern wünschenswert.

Neuere Behauptungen über den Gehalt der Schultinte an pathogenen Bakterien beruhen durchaus auf Irrtümern. Die gebräuchlichen Tinten enthalten keine oder nur unverdächtige Keime.

C. Betrieb der Schulen.

Für die äußere Instandhaltung der Schule muß ein genügendes und sachverständiges Personal vorhanden sein. In sehr vielen Schulen ist dieser Forderung nicht genügt. Ein einziger Schuldiener soll oft in einem großen Gebäude die Reinigung, Heizung und Ventilation besorgen, Pförtnerdienste verrichten und für Botengänge usw. zur Disposition sein. Die schönsten Bauten und die kostspieligsten Heizanlagen werden durch eine solche falsche Sparsamkeit unbrauchbar gemacht und aller hygienischen Vorteile beraubt, die sie andernfalls gewähren könnten.

Von größter Bedeutung ist ein ausreichendes Personal für die Reinigung der Schulzimmer, Korridore und Treppen. Dieselbe ist nicht nur vom ästhetischen Standpunkte aus wünschenswert, sondern entschieden aus hygienischen Rücksichten. Wie oben betont, enthält der Staub der Schulzimmer häufig Kontagien und ist stets infektionsverdächtig. Es muß daher versucht werden, diesen Staub zu entfernen und stärkere Ansammlungen davon zu vermeiden. Da erfahrungsgemäß durch trockenes Auskehren bei gewöhnlichen Fußböden nur ein sehr kleiner Teil des Staubes wirklich beseitigt, der Rest nur aufgewirbelt wird, sollten alle Räume entweder mit den S. 426 genannten Fuß-

bodenölen versehen sein, die den Staub fixieren und bei denen als tägliche Reinigung trockenes Abkehren genügt; oder mit abwaschbarem Fußboden, der täglich unter gelinder Anfeuchtung (mit feuchten Sägespänen) gereinigt und wöchentlich einem gründlichen Abwaschen unterzogen wird. Letzteres muß sich auch auf das Mobiliar und den unteren Teil der Seitenwände erstrecken. — Ferner ist dafür zu sorgen, daß die Kinde mit gut gereinigtem Schuhzeug die Schulzimmer betreten. Abtreter und Matten können nicht groß und häufig genug sein. Die Subsellien müssen vor der Reinigung leicht entfernt oder so gekantet werden können, daß auch der Fußboden unter ihnen der Reinigung zugänglich wird.

Auch der sonstige Betrieb der Schule bietet viele Angriffspunkte für die Hygiene, jedoch befinden sich manche der einschlägigen Fragen, z. B. über die zulässige Zahl von Schulstunden, über das richtige Maß der häuslichen Aufgaben usw., noch im Stadium der Diskussion. Betont sei die Notwendigkeit von Zwischenpausen nach jeder Schulstunde; und zwar sind dieselben schon deshalb zu fordern, damit in den Pausen eine gründliche Durchlüftung der Schulzimmer erfolgen kann.

Für die bei Schulkindern auftretenden Ernährungsstörungen sind — neben einer gewissen Entlastung von Schularbeiten — körperliche Übungen das beste Korrektiv. Turnen, Schwimmen, Spaziergänge oder Spiele im Freien, sei es im Anschluß an die Schule oder infolge der in der Schule gegebenen Anregung sind am ehesten imstande, den Appetit wieder zu heben und den Ernährungszustand zu bessern. Wohl zu beachten ist, daß nach neueren sorgfältigen Beobachtungen die körperlichen Übungen nicht eine Erholung, sondern stärkere Ermüdung des Zentralnervensystems bewirken, und daß daher die Einschaltung von Turnstunden zwischen die anderen Unterrichtsstunden durchaus nicht einer geistigen Erholung gleich zu rechnen ist.

Für die Durchführung von Reformen ist eine Prüfung der progressiven geistigen Ermüdung bezw. Übermüdung wichtig, welche die Schüler während der Schulstunden erfahren. Diese Prüfung kann geschehen: 1. durch das Ästhesiometer (Griesbach). Dasselbe ermittelt, in welchem Abstand zwei Zirkelspitzen auf bestimmten Hautstellen eben noch als getrennt empfunden werden. Bei geistiger Ermüdung wächst dieser Abstand um das 2- bis 4 fache und mehr. Die Methode leidet jedoch an zahlreichen Fehlerquellen. 2. Durch Mossos Ergograph; ein Gewicht, das an einer über eine Rolle gehenden Schnur hängt, wird in gleichmäßigem Tempo durch Krümmung des Mittelfingers, um den die Schnur gelegt ist, gehoben, bis die Hebung nicht mehr gelingt. Nach geistiger Anstrengung ist das Gehirn nicht mehr imstande, so energisch und anhaltend Willensimpulse zu erteilen; die Zahl der Hübe verringert sich daher. 3. Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde einfache Rechenexempel; es wird beobachtet, wieviel Exempel in 5 Minuten gerechnet werden

und mit wieviel Fehlern. — Bei dieser Messung wird jedoch mit festen Assoziationen operiert, die noch geläufig sein können trotz erheblicher geistiger Ermüdung. 4. Den Schülern werden 6—10stellige Zahlen langsam vorgelesen; nach Beendigung des Vorlesens müssen sie auf ein gegebenes Zeichen die Zahl aus dem Gedächtnis niederschreiben. Die Zahl der Auslassungen und Fehler soll ein Maß der Ermüdung geben. Es wird hierbei jedoch nur die Merkfähigkeit gemessen, die trotz geistiger Ermüdung erhalten sein kann. 5. Prüfung der Kombinationsfähigkeit durch sog. Ergänzungsaufgaben (Ebbinghaus). Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde ein Blatt, auf welchem ein Abschnitt aus einer für das Verständnis des Kindes passenden Erzählung oder Beschreibung abgedruckt ist, jedoch so, daß ganze Worte und zahlreiche Silben nicht ausgedruckt, sondern nur durch wagerechte Striche (für jede Silbe ein Strich) angedeutet sind. Die Schüler müssen innerhalb 5 Minuten soviel als möglich von diesen Lücken und so richtig als möglich ergänzen. — Die Ermüdung scheint bei Applikation dieser Methode am besten zum Ausdruck zu kommen.

Die gesunde Mehrzahl der Schulkinder läßt nach den bisherigen noch unzureichenden Beobachtungen eine wesentliche Verringerung der geistigen Leistungsfähigkeit mit der Dauer des Unterrichts nicht erkennen. Wahrscheinlich betrifft die Übermüdung nur schwächliche und nervöse Kinder, so daß durch eine mehr individualisierende Behandlung dieser eine Beseitigung der Schäden und Klagen erreicht werden könnte. — Die Einrichtung von Hilfsschulen oder Hilfsklassen für minderwertige Kinder, wie sie in einzelnen Städten bereits getroffen ist, erscheint daher sehr empfehlenswert. — In Charlottenburg ist man auf W. Bechers und Lennhofs Empfehlung mit der Errichtung von Waldschulen vorgegangen, wo die Kinder sich während und außerhalb des Unterrichts möglichst andauernd im Freien aufhalten. Die leichtere Entwärmung und die Anregung durch die bewegte Luft scheinen auf derartige Kinder ganz besonders günstig zu wirken.

Um die Ausbreitung ansteckender Krankheiten in der Schule zu hindern, bestimmt das Reichsseuchengesetz vom 30. Juni 1900 und das Preußische Seuchengesetz vom 28. August 1905, daß Kinder aus Behausungen, in denen eine Erkrankung an Cholera, Lepra, Fleckfieber, Pest, Pocken, Diphtherie, Scharlach, Ruhr, Typhus, Rückfallfieber vorgekommen ist, vom Schulbesuch fern gehalten werden müssen, solange eine Weiterverbreitung der Krankheit durch die Schulkinder zu befürchten ist.

Bei Erkrankungen an Genickstarre empfehlen die „Ausführungsbestimmungen“ zum Seuchengesetz die gleiche Maßregel.

Bei Erkrankungen an Trachom sind nach den Ausführungsbestimmungen die Schulkinder nur dann und so lange vom Schulbesuch fernzuhalten, als sie an eitriger Absonderung leiden; solange dies nicht der Fall ist, sind sie gesondert zu setzen.

Für Masern und Keuchhusten sieht das Gesetz keine Beschränkungen vor; solche sind aber mit gutem Grunde fast überall von der Schulaufsichtsbehörde erlassen.

Die Schulaufsichtsbehörden haben meist noch folgende Bestimmungen getroffen: 1. Kinder und Lehrer, bei welchen sich Verdachtsmomente für den bevorstehenden Ausbruch einer kontagiösen Krankheit einstellen (Kopfschmerz, Schwindel, Frösteln, Fieber, Halsschmerzen usw.), sollen den Besuch der Schule unterlassen. 2. Sofort nach Ausbruch einer ansteckenden Krankheit ist der Polizeibehörde Anzeige zu erstatten. Die erkrankten Kinder und Lehrer sind bei Scharlach 6 Wochen, bei Masern und Diphtherie 4 Wochen, bei Keuchhusten solange krampfartige Hustenanfälle bestehen, vom Schulbesuch auszuschließen, 3. sind auch diejenigen Angehörigen der Erkrankten, welche mit ihnen zusammenwohnen und leicht Infektionskeime verschleppen könnten, für dieselbe Zeitdauer auszuschließen; 4. ist zu verlangen, daß die Genesenen resp. deren Angehörige die Schule nicht eher wieder betreten, als bis nachweislich eine vorschriftsmäßige Desinfektion der Wohnung und Kleidung durch geschulte Desinfekteure stattgefunden hat; 5. bei stärkerer Ausbreitung kontagiöser Krankheiten unter den Kindern einer Klasse ist durch Verfügung der Schulaufsichtsbehörde und nach Anhörung des beamteten Arztes die Klasse resp. die ganze Schule für einige Zeit zu schließen und demnächst zu desinfizieren.

In manchen Fällen wird es von Nutzen sein, wenn die Kinder, welche Diphtherie überstanden haben, während der ersten Tage des Schulbesuchs gleich nach dem Betreten der Schule angehalten werden, dort unter geeigneter Aufsicht eine Desinfektion der Hände mit 3 proz. Karbol, sowie eine Mundausspülung mit Sublimat 1:10000 vorzunehmen. Die Maßregel erfordert nur 2—3 Minuten Zeit und beseitigt einen wesentlichen Teil der Infektionsgefahr. — Auch die vorläufige Separation solcher Kinder auf einer „Rekonvaleszentenbank" würde von Vorteil sein. — Bezüglich der phthisischen Lehrer und Kinder s. Kap. IX.

Gegen eine Verschärfung der Maßregeln spricht einmal die dadurch hervorgerufene bedeutende Störung des Schulbetriebes, ferner die Erwägung, daß die Schule doch immer nur einen Bruchteil der Infektionen, und vielleicht sogar einen relativ unbedeutenden vermittelt. Fehlt es doch nicht an Beobachtungen, die darauf hinweisen, daß gerade der Schluß einer Klasse zuweilen *befördernd* auf die Verbreitung einer kontagiösen Krankheit wirkt, weil die Kinder alsdann mehr Zeit und Gelegenheit haben, sich bei den Besuchen in den Wohnungen zu infizieren. — Ferner ist zu erwägen, daß bei den meisten der genannten Krankheiten beim *ersten kaum merkbaren Beginn* der Krankheitserscheinungen die Ansteckung besonders leicht erfolgt. — Trotzdem wird zweifellos daran festzuhalten sein, daß die Schule ihrerseits so viel als irgend möglich, und so weit es mit den wesentlichsten Zwecken der Schule vereinbar ist, der Verbreitung von Kontagien unter den Schülern entgegenwirken muß. Finden auch viele Kinder infolge eines gewissen Mangels an Vorsicht und Beaufsichtigung *außerhalb* der Schule Gelegenheit zur Infektion und wird auch wirklich der Prozentsatz der Erkrankten bei strengen Maßregeln in der Schule kein wesentlich geringerer, so sind diese Maßregeln doch schon um deswillen aufrecht zu erhalten, weil diejenigen Eltern, welche außerhalb der Schule ihre Kinder gewissenhaft behüten, einen entschiedenen Anspruch darauf haben, daß ihre Kinder in der Schule nicht von einer leicht vermeidbaren Infektionsgefahr bedroht werden.

Schulärzte. Von großer hygienischer Bedeutung ist die mehr und mehr sich ausbreitende Anstellung von Schulärzten. Ursprünglich

sollte denselben die Überwachung der hygienischen Einrichtungen der Schule und der prophylaktischen Maßnahmen bei Infektionskrankheiten zufallen, wozu sie allerdings über eine gründliche hygienische Durchbildung verfügen müßten. Neuerdings ist aber besonderen Schulärzten vor allem eine Kontrolle des Gesundheitszustandes der Schüler übertragen, die für die individuelle Hygiene der Schulkinder und für die frühzeitige Bekämpfung von Krankheiten von entschiedenem Nutzen ist. — Im folgenden sei auszugsweise die Instruktion mitgeteilt, welche in Wiesbaden, der Stadt, welche zuerst eine solche Einrichtung traf, für die Schulärzte erlassen ist:

1. Die Schulärzte haben die Aufgabe: den Gesundheitszustand der ihnen zugewiesenen Schüler zu überwachen und bei der ärztlichen Revision der zur Schule gehörenden Räumlichkeiten und Einrichtungen mitzuwirken, und sind demgemäß verpflichtet, alle in diese Aufgabe fallenden Aufträge des Magistrats auszuführen. Insbesondere gelten hierbei die nachfolgenden Vorschriften:

Die Schulärzte haben die neueintretenden Schüler genau auf ihre Körperbeschaffenheit und ihren Gesundheitszustand zu untersuchen,[1] um festzustellen, ob sie einer dauernden ärztlichen Überwachung oder besonderen Berücksichtigungen beim Schulunterricht (z. B. Ausschließung vom Unterricht in einzelnen Fächern, wie Turnen und Gesang, oder Beschränkung in der Teilnahme am Unterricht, Anweisung eines besonderen Sitzplatzes wegen Gesichts- oder Gehörfehlern usw.) bedürfen.

Über jedes untersuchte Kind ist ein, dasselbe während seiner ganzen Schulzeit begleitender „Gesundheitsschein“ auszufüllen. Erscheint ein Kind einer ständigen ärztlichen Überwachung bedürftig, so ist der Vermerk „ärztliche Kontrolle“ auf der ersten Seite oben rechts zu machen. Die Spalte betr. „allgemeine Konstitution“ ist bei der Aufnahmeuntersuchung für jedes Kind auszufüllen, und zwar nach den Kategorien „gut, mittel und schlecht“.

Die Bezeichnung „gut“ ist nur bei vollkommen tadellosem Gesundheitszustand, und „schlecht“ nur bei ausgesprochenen Krankheitsanlagen oder chronischen Erkrankungen zu wählen. Die anderen Rubriken werden nur im Bedürfnisfalle ausgefüllt, und zwar bei der Aufnahmeuntersuchung, oder auch bei im Laufe der späteren Schuljahre bemerkbar werdenden Erkrankungen.

Die Wägungen und Messungen werden von den betr. Klassenlehrern vorgenommen und sind in jedem Halbjahre in die betr. Spalte einzutragen (Abrundung auf $^1/_2$ cm und $^1/_4$ kg). Brustumfang wird vom Arzte gemessen, jedoch nur bei Kindern, die einer Lungenerkrankung verdächtig sind.

2. Alle 14 Tage — wenn ansteckende Krankheiten auftreten, auch häufiger — hält der Schularzt an einem mit dem Schulleiter vorher verabredeten Tage in der Schule Sprechstunden ab. Hierzu ist, wenn irgend möglich, dem

[1] Die Untersuchung hat sich zu erstrecken auf: Größe, Gewicht, Ernährungszustand, Reinlichkeit (Ungeziefer), Verkrümmung der Wirbelsäule, Brustumfang, Unterleibsbruch (bei Knaben), Ohr und Gehör, Auge und Sehfähigkeit, Sprache (Stotternde), Nase und Nasenrachenraum, Mundhöhle und Gebiß; ferner auf Symptome von chronischen Krankheiten wie Anämie, Skrophulose, Tuberkulose, Herzfehler, Epilepsie.

Arzte ein eigenes Zimmer zur Verfügung zu stellen. Wünscht der Arzt an einem anderen als dem verabredeten Tage die Schule zu besuchen, so hat er dies mindestens 3 Tage früher dem Schulleiter mitzuteilen.

Bei unvorhergesehenen Behinderungen gilt der nächstfolgende Wochentag als Besuchstag.

Die erste Hälfte der Sprechstunde dient zu einem je 10—15 Minuten-Besuche von 2—5 Klassen während des Unterrichts. Jede Klasse soll, wenn möglich, zweimal während eines Halbjahres besucht werden. Bei diesen Besuchen werden sämtliche Kinder einer äußeren Revision unterzogen; bei besonderen, zu sofortiger Besprechung geeigneten Beobachtungen wird von dem Lehrer Auskunft gefordert und ihm solche auf Verlangen erteilt.

Erscheinen hierbei einzelne Kinder einer genaueren Untersuchung bedürftig, so ist diese nachher in dem ärztlichen Sprechzimmer vorzunehmen.

Gleichzeitig dienen diese Besuche auch einer Revision der Schullokalitäten und deren Einrichtung, sowie der Ventilation, Heizung, körperlichen Haltung der Schulkinder usw.

In der zweiten Hälfte der Sprechstunde sind etwa erforderliche genauere Untersuchungen vorzunehmen.

Die ärztliche Behandlung erkrankter Schulkinder ist nicht Sache des Schularztes. Solche Kinder sind vielmehr an ihren Hausarzt oder den zuständigen Armenarzt, resp. an einen Spezialarzt event. die Poliklinik zu verweisen.

3. Die Gesundheitsscheine sind in den betr. Klassen in einem dauerhaften Umschlage aufzubewahren, und bleiben, solange sie nicht von dem Schulinspektor eingefordert werden, in der Schule.

Die Scheine mit dem Vermerk „Ärztliche Kontrolle“ sind dem Arzte bei jedem Besuche in der Klasse vorzulegen.

Tritt ein Kind in eine andere Klasse über, so ist sein Gesundheitsschein dahin durch den Schulleiter zu übersenden.

4. Die Schulärzte haben auf Antrag des Schulleiters einzelne Kinder in ihrer Wohnung zu untersuchen, um, falls die Eltern kein anderweites genügendes ärztliches Zeugnis beibringen, festzustellen, ob Schulversäumnis gerechtfertigt ist.

5. Die Schulärzte haben mindestens einmal im Sommer, einmal im Winter die Schullokalitäten und deren Einrichtungen zu revidieren. Die hierbei, wie bei den sonstigen Besuchen gelegentlich gemachten Beobachtungen über die Beschaffenheit der zu überwachenden Gegenstände, sowie über Handhabung der Reinigung, Lüftung, Heizung und Beleuchtung und die etwa an diese Beobachtungen sich anschließenden Vorschläge sind von den Schulärzten in das für diesen Zweck bei dem Schulleiter aufliegende Buch einzutragen.

II. Krankenhäuser.

Beim Bau eines Hospitals müssen folgende Gebäude resp. Räume vorgesehen werden: 1. Die zur Aufnahme der Kranken dienenden Säle und Zimmer, 2. Zimmer für die Verwaltung (Bureau), die Wohnungen der Verwaltungsbeamten, 3. Räume für den Wirtschaftsbetrieb (Küche, Wäsche usw.), die gewöhnlich in einem besonderen Ökonomiegebäude vereinigt werden; in dessen Nähe ist der Eiskeller anzulegen, 4. Zimmer

für Ärzte, Wärter und Wärterinnen, 5. eine Desinfektionsanstalt, 6. ein Leichenhaus und 7. eine Pförtnerwohnung.

Der Bauplatz ist nach den S. 281 aufgeführten Prinzipien auszuwählen und zu aptieren. Die Lage soll möglichst frei, fernab von geräuschvollen Straßen und jedenfalls nur an einer Seite durch Anhöhen, Bäume oder Gebäude begrenzt sein.

Die Größe des Baus berechnet sich in der Weise, daß für jeden Kranken etwa 120—150 qm Baufläche bemessen werden. — Damit nicht zu große Gebäude und zu weite Wege entstehen, wird in größeren Städten im allgemeinen eine Dezentralisation und eine Anlage von Krankenhäusern an verschiedenen Punkten der Peripherie angestrebt; bei guten Kommunikationsmitteln sind indes auch große zentrale Anlagen nicht von Nachteil, zumal sie im Betriebe eher billiger sind als kleinere Hospitäler.

Bezüglich der Grundform des Gebäudes unterscheidet man: 1. das Korridorsystem (Fig. 101). Bei demselben liegen die Krankenzimmer unmittelbar nebeneinander und an einem gemeinsamen Korridor, und das Gebäude hat mehrere Stockwerke. Dasselbe wird entweder in Linienform gebaut, oder in H-Form oder in Hufeisenform, zuweilen auch wohl als geschlossenes Viereck oder in Kreuzform. 2. Das Pavillonsystem. Dasselbe ist namentlich in Aufnahme gekommen seit dem Bau des Hospitals Lariboisère in Paris im Jahre 1858. Das Krankenhaus wird bei diesem System in mehrere Gebäude zerlegt, und zwar sind diese entweder Baracken, d. h. Pavillons von nur einem Stockwerk, die einen oder zwei Krankensäle enthalten, außerdem Bad, Abort, Teeküche und Wärterraum; oder Pavillons mit zwei Stockwerken, im übrigen eingeteilt wie die Baracken; oder sogenannte Blocks, Gebäude mit mehreren Stockwerken, in deren jedem mehrere durch Korridore verbundene Krankenzimmer liegen. — Den Pavillons gibt man mindestens einen derartigen Abstand voneinander, daß derselbe der doppelten Höhe der Gebäude gleich ist. Entweder liegen die einzelnen Pavillons ganz frei (Fig. 103), oder es führen lange, gedeckte Gänge an ihrer Giebelseite entlang und sind mit den einzelnen Pavillons durch kurze Seitenkorridore verbunden (Fig. 102). Wenn irgend möglich, verlegt man in das Zentrum der ganzen Krankenhausanlage das Ökonomiegebäude; das Verwaltungsgebäude läßt man die Straße berühren; an einer anderen Stelle der äußersten Peripherie wird

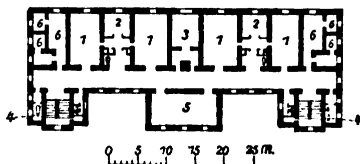


Fig. 101. Krankenhaus, Korridorsystem. *1* Krankenzimmer. *2* Wärterzimmer, davor Teeküchen. *3* Operationszimmer. *4* Badezimmer. *5* Kapelle. *6* Einzelzimmer.

das Leichenhaus errichtet. Im übrigen werden die einzelnen Pavillons in sehr verschiedener Anordnung auf dem ganzen Terrain verteilt.

Das Pavillonsystem verdankt seine Bevorzugung innerhalb der letzten Jahrzehnte vor allem der Anschauung, daß dieses System die Ansteckungsgefahr völlig aufhebe. Zu dieser Rolle soll es namentlich befähigt sein, wenn gar keine Korridore die Baracken verbinden. Die genauere Erkenntnis der Infektionsvorgänge mußte jedoch zu der Überzeugung führen, daß die größere räumliche Entfernung der Krankenräume voneinander für den Schutz gegen Übertragung der Infektionserreger keineswegs ausreicht, sondern daß es außerdem immer auf eine zweckmäßige Beseitigung und Vernichtung der Infektionsquellen und auf eine Hinderung der Verschleppung durch Ärzte, Wärter, Utensilien usw. ankommt. In der Tat hat die praktische Erfahrung gezeigt, daß bei einer richtigen Desinfektion und zweckentsprechenden Prophylaxis ein

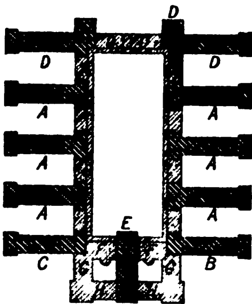


Fig. 102. Hospital Lariboisière.
A Krankenpavillons (3 stöckig). *B* Wärterinnen. *C* Wäsche. *D* Verwaltung. *E* Kapelle. *F* Bäder. *G* Operationszimmer. *H* Depots.

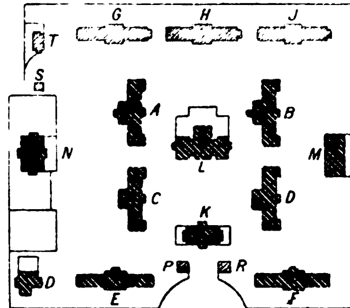


Fig. 103. Berliner Garnisonlazarett.
A—F 2 stöckige Krankenpavillons. *G—J* 1 stöckige Isolierpavillons. *K* Verwaltung. *L* Ökonomie. *M* Magazin. *N* Beamte. *O* Ärzte. *P* Wache. *R* Remise. *S* Eishaus. *T* Leichenhaus.

Korridorhospital oft bessere Erfolge aufweist, wie ein schlecht geleitetes Barackenlazarett. Mehrfach ist es vorgekommen, daß in einem Hospital fortwährend Infektionen stattfanden und daß dasselbe deshalb für völlig unbrauchbar erklärt wurde. Man glaubte dann, der Grund hierfür liege nur darin, daß das Hospital auf schlechtem Boden stehe, oder unrichtig gebaut sei usw. Sobald aber ein Wechsel des dirigierenden Arztes eintrat, geeignete prophylaktische Maßregeln eingeführt und das Wartepersonal richtig geschult wurde, zeigte d a s s e l b e Hospital die günstigsten Resultate. — Eine bedeutende E r l e i c h t e r u n g des Schutzes gegen Übertragungen wird aber durch eine stärkere räumliche Trennung der Kranken, wie sie das Pavillonsystem bewirkt, zweifellos gewährt. Außerdem ist es bei der Pavillonbauweise weit eher möglich, jedem einzelnen Kranken zweckmäßiges L i c h t und ausgiebig L u f t zuzuführen; und aus diesen Gründen verdient das Pavillonsystem nach wie vor in erster Linie berücksichtigt zu werden.

Eine Unterkellerung der Baracken und Pavillons kann fehlen; allerdings muß dann für eine gute Abdichtung gegen den Untergrund gesorgt sein; außerdem empfiehlt es sich, in diesem Fall wo möglich Fußbodenheizung einzuführen.

Die Baracken werden aus dünnen Wandungen hergestellt. Als Baumaterial für Seitenwände, Dach und Fußboden empfiehlt sich leichtes künstliches Steinmaterial in doppelten Lagen, zwischen welchen eine Luftschicht bezw. feinporiges Füllmaterial gelassen wird (z. B. Gipsdielen, Korksteine, Xylolith, Faserplatten usw.). — Bei allen Krankenhäusern müssen die Wände, Decken und Fußböden luft- und wasserdicht gearbeitet sein. Poröses Material bietet leicht eine Ablagerungsstätte für Staub und Kontagien, und ist verhältnismäßig schwer vollständig zu reinigen und zu desinfizieren. Die Decken sollen daher einen Gipsverputz mit Wasserglaszusatz erhalten. Derselbe Verputz oder aber ein Ölfarbenanstrich soll an den Wänden angebracht werden, so daß die sämtlichen Begrenzungen des Zimmers leicht mit Wasser oder desinfizierenden Lösungen abgewaschen werden können. Für den Fußboden ist entweder hartes, mit Leinöl getränktes Holz, besser aber Asphalt oder Mettlacher Fliesen, bezw. Terrazzo (mittelgroße Marmorstücke mit Zementmörtel verbunden) zu verwenden. Wegen der besseren Wärmeleitung der letztgenannten Steinmaterialien ist ihre Verwendung an die gleichzeitige Einführung von Fußbodenheizung gebunden, oder die Fußböden müssen wenigstens mit Linoleumteppichen bedeckt werden. Die Reinigung des Zimmers läßt sich noch dadurch erleichtern, daß längs der Wände ausgerundete Scheuerleisten hinlaufen, die mit genügendem Gefälle zu den Kanälen hinführen.

Die Himmelsrichtung der Fenster des Krankensaals geht am besten nach Süden oder bei völlig freiem Horizont nach Norden, bezw. nach Südost—Nordwest. Bei Pavillons, welche Fenster an beiden Längsseiten haben, ist diese Anordnung allein zulässig, da bei einer reinen Ost-West-Lage die Kranken durch die den ganzen Tag über tief ins Zimmer eindringende Sonne außerordentlich belästigt werden würden.

Die Fenster sollen mindestens gleich $^1/_6$ der Bodenfläche sein; im übrigen gilt bezüglich ihrer Anordnung, der Vorhänge usw. das bei den Schulen Gesagte.

Die Größe des Krankensaals berechnet sich nach dem Erfahrungssatz, daß der Kranke zweckmäßig stündlich 80—120 cbm Luft zugeführt erhält, daß aber durch Lüftung für gewöhnlich höchstens eine zweimalige Lufterneuerung pro Stunde zustande kommt. Daraus ergibt sich ein Kubikraum von 40—60 cbm; bei einer Höhe der Zimmer von 4,5 m entfallen demnach pro Bett 9—13 qm Fußbodenfläche.

Die Raumverteilung fällt bei Korridorbauten je nach der Größe und speziellen Bestimmung des Gebäudes sehr verschieden aus. Einigermaßen uniform ist die Einrichtung der Pavillons und Baracken (vgl. Fig. 104a und b). Außer dem eigentlichen Krankensaal enthalten sie

regelmäßig einen Raum für den Wärter; ferner eine Teeküche, die als Spülzimmer und Aufwaschraum dient und in der sich außerdem ein Wärmeschrank, Gaskocher usw. befindet; endlich ein Klosett und neben diesem womöglich einen Vorraum, in dem alle Stechbecken usw. aufbewahrt und desinfiziert werden können. Außerdem hat sich in vielen Krankenhäusern die Anlage eines sogenannten Tageraums an jedem größeren Krankensaal resp. in jedem Pavillon bewährt, der für den Aufenthalt der leichter Erkrankten und der Rekonvaleszenten während des Tages dient. Derselbe ist gewöhnlich mit einer Glaswand,

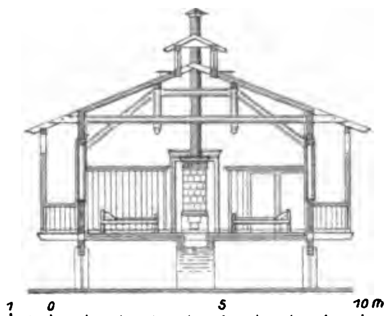


Fig. 104 a. Charité-Baracke, Querdurchschnitt.

welche Schiebe- und Klappfenster trägt, gegen außen abgeschlossen; Marquisen müssen zum Schutz gegen Sonnenstrahlen angebracht sein. Entweder sind Galerien an der Längsseite der Baracke in solcher Weise

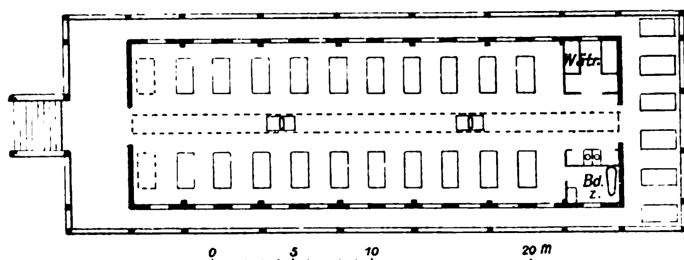


Fig. 104 b. Charité-Baracke, Grundriß.

zu Rekonvaleszentenräumen hergerichtet oder die beiden Giebel bezw. einer derselben ist wesentlich verbreitert und mit einer Art Vorbau versehen (Fig. 104 a und b).

Heizung. Luftheizung ist für die Zwecke der Ventilation bei dauernd dicht belegten Krankensälen kaum zu umgehen; sie muß gut angelegt und sorgfältig betrieben werden (s. oben); meist muß sie unterstützt werden durch Dampfheizung oder Öfen. Fehlt die Luftheizung, so muß die Warmwasserheizung oder Niederdruckdampfheizung mit Luftzufuhr verbunden werden; oder Mantelöfen müssen für Ventilation und Zirkulation einstellbar sein.

Speziell gerühmt wird für die Baracken solcher Krankenhäuser, welche nicht auf möglichst billige Einrichtungen angewiesen sind, die sog. Fußbodenheizung. Dieselbe setzt feuersichere dichte Steinfußböden voraus, welche die

schon erwähnten Vorzüge haben, daß sie sich sehr leicht reinigen und desinfizieren lassen und deren einziger Nachteil, der einer zu energischen Wärmeleitung, eben durch die Beheizung in Fortfall kommt. Die Anordnung einer Fußbodenheizung ist so, daß unter dem Fußboden sich 75 cm hohe bekriechbare Gänge hinziehen, deren Boden und Decken mit Zement gedichtet sind und deren Decke außerdem durch eine Eisenkonstruktion gestützt ist. In den Kanälen liegen frei auf Eisenschienen die Heizrohre, die entweder von einer Heißwasser- oder von einer Dampfheizung aus geheizt werden.

Eine fortlaufende **Ventilation** der Krankenhäuser ist wegen des Zusammendrängens zahlreicher Menschen über Tag und über Nacht unbedingt erforderlich. Im Winter stößt eine genügende Ventilation auf keine Schwierigkeiten, da man in der kontinuierlichen Heizung einen hinreichend ausgiebigen Motor besitzt; im Sommer dagegen und in der Übergangsperiode pflegt man nur die Wirkung des Windes auf Dachreiter oder Schornsteine mit Saugaufsätzen auszunutzen; Sheringhamsche Klappen sollen als Eintrittsöffnungen für die Luft dienen. Bei windstillem Wetter leistet diese Ventilation entschieden zu wenig; Gasflammen, geheizte Kamine, Wasserventilatoren u. dgl. können als Reserve dienen. Die Kippfenster, unter denen Betten stehen, sind unbedingt mit ausreichenden Schutzvorrichtungen zu versehen, um das Herabfallen der kalten Außenluft zu verhüten. — Sorgfältig zu beachten ist, daß alle Räume mit starker Geruchsentwicklung (Räume für Karzinomkranke, poliklinische Wartezimmer, Aborte usw.) unbedingt nicht durch Pulsion, sondern durch **Aspiration** gelüftet werden (s. S. 340), damit nicht die Gerüche ins ganze Haus verbreitet werden. Auch offenstehende Fenster pflegen gewöhnlich Einströmung von Außenluft und Fortführung der Zimmerluft in die anstoßenden Räume zu bewirken. Für die Aspiration sind kräftige Motoren (am besten elektrischer Betrieb) zu wählen. — Daß die Ventilation nicht etwa imstande ist, desinfizierend zu wirken, und daher für Räume, in denen ansteckende Kranke untergebracht sind, keineswegs besonders verstärkt zu werden braucht, ist bereits S. 350 ausführlicher dargelegt.

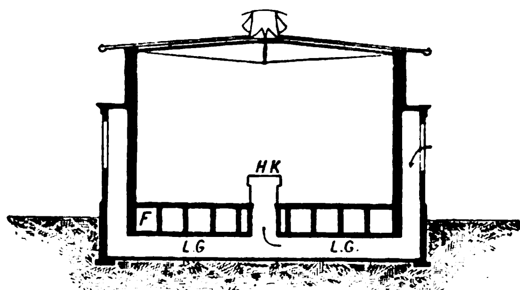


Fig. 105. Baracke des Hamburger Krankenhauses. *F* Fußbodenheizung. *LC* Kanal für die Zufuhr frischer Luft. *HK* Heizkörper zur Vorwärmung der Luft.

Das **Mobiliar** der Krankenzimmer soll so beschaffen sein, daß

es möglichst wenig zu Staubablagerungen Anlaß gibt, leicht zu reinigen und leicht zu desinfizieren ist. Gebeizte oder gestrichene Holzmöbel gestatten eine solche Desinfektion in genügender Weise.

Noch weiter gehende und wohl nicht absolut notwendige Vorsichtsmaßregeln sind bei der Beschaffung des Mobiliars für das neue Hamburger Krankenhaus angewendet worden. — Die Betten sind dort aus eisernem Gestell, und zwar aus dickem, gebogenem Gasrohr, welches mit heller Ölfarbe gestrichen ist. In dieses Gestell werden als Rahmen vier einzeln herausnehmbare, geölte und lackierte Tannenholzbretter eingelegt, die in der Mitte nur 12 cm hoch sind; ferner wird eine Sprungfedermatratze verwendet von nur 1—2 cm Höhe. Dieselbe stellt ein Netz aus horizontal gelagerten Spiralfedern dar. Durch diese Konstruktion ist der tiefe Bettkasten, der sonst schwer zu reinigen ist, vermieden. Außerdem ist ein großer Abstand unter dem Bett bis zum Fußboden erzielt, so daß auch dort die Reinigung sehr leicht vorgenommen werden kann. Auf dem Sprungfederrahmen liegt eine Wollmatratze; als Bedeckung werden nur weiße wollene Decken gewährt. Die gesamten Betten lassen sich leicht im Dampfofen desinfizieren. Die Wollmatratzen bedürfen einer häufigeren Aufarbeitung, für welche aber in einem Krankenhaus reichliches Personal zur Verfügung zu sein pflegt. — Zu jedem Bett gehört noch ein Tisch und ein Stuhl; bei ersterem sind die Beine aus Gasrohr, die Platte aus Rohglas. Die Stühle haben ebenfalls ein Gestell aus Gasrohr und einen geschweiften Holzsitz und Lehne, die mit Ölfarbenanstrich versehen sind. Nirgends finden sich enge Fugen, so daß jede Stelle der Möbel auf das leichteste abgewaschen werden kann.

Im Betrieb des Krankenhauses ist vor allem auf penibelste Reinlichkeit zu achten. Jede Staubbildung ist zu vermeiden; Fußböden und Möbel sind stets feucht, niemals trocken zu reinigen; alle Infektionsquellen, wie Eiter, Fäces u. dgl., sind sofort zu zerstören; beschmutzte Leib- oder Bettwäsche von Infektionskranken ist in gesonderten Behältern unter Befeuchtung mit Karbolwasser oder Sublimatlösung aufzubewahren (vgl. Kap. IX). — In jedem Krankenhaus muß sich eine Desinfektionsanstalt und ein geschulter Desinfektor befinden. Letzterem ist ausschließlich die Abholung infizierter Wäsche, die Desinfektion der Krankensäle usw. nach den unten gegebenen Vorschriften zu übertragen.

Isolierspitäler. Jedes größere Krankenhaus muß über eine oder einige Baracken verfügen zur Aufnahme von Kranken, die besondere Infektionsgefahr bieten (Pocken-, Flecktyphus-, Cholerakranke usw.). Derartige Baracken müssen von den übrigen Gebäuden des Krankenhauses mindestens 30 m Abstand haben: pro Bett rechnet man 200 qm Areal und 13 qm Fußbodenfläche des Krankenzimmers. Im übrigen sind die oben betonten, zur Sicherung gegen Infektionsgefahr dienenden Einrichtungen (abwaschbare Fußböden, Wände, Möbel usw.) bei den Isolierspitälern mit besonderer Sorgfalt in Anwendung zu bringen. — Das Wartepersonal ist unbedingt mit den Kranken zu isolieren; dem-

entsprechend ist Wärterzimmer, Teeküche usw. in der Isolierbaracke vorzusehen. Wünschenswert ist ferner die Anbringung eines Vorraums, in welchem die Speisen und sonstigen Bedarfsgegenstände für den Kranken abgesetzt werden, und von wo gebrauchte Gegenstände, in Behältern mit desinfizierenden Lösungen oder in mit Sublimatlösung befeuchtete Tücher eingehüllt, abgeholt werden. Der Wärter betritt den Vorraum zum Holen oder Bringen von Sachen erst nachdem er sich durch Abwaschen mit Sublimatlösung soviel als möglich desinfiziert hat. Im Vorraum wird auch ein langer, abwaschbarer Kittel für den Arzt aufbewahrt, den derselbe vor dem Betreten des Krankenzimmers anlegt; vor dem Verlassen des letzteren wird der Kittel mit Sublimat abgewaschen und demnächst im Vorraum wieder abgelegt.

Zur Improvisierung eines Isolierspitals, bezw. zur Ergänzung einer zeitweise ungenügenden Anlage sind die neuerdings konstruierten zusammenlegbaren und transportablen Baracken sehr geeignet. Dieselben bestehen entweder aus einem leichten Holzgerüst, welches von außen und innen mit gefirnistem und feuersicher imprägniertem Leinen überzogen ist; der Zwischenraum zwischen äußerem und innerem Überzug ist mit Filz ausgelegt (Dökers Baracke); oder die Wände stellen Rahmen dar, die innen mit Leinwand, außen mit Dachpappe überspannt sind und dazwischen eine Luftschicht enthalten, die Rahmen werden in ein eisernes Gerüst eingesetzt (zur Nieden); oder die Wandungen sind außen von Wellblech hergestellt (Grove). Solche Baracken lassen sich in wenigen Kisten verpacken und sind binnen 6—12 Stunden gebrauchsfertig aufzustellen. — Die Temperaturverhältnisse in den Baracken sind nicht günstig. Die Luftschichten sind zweckmäßig durch feinporiges Füllmaterial (Kieselguhr und dgl.) zu ersetzen.

Literatur. Schulen: H. Cohn, Lehrbuch der Hygiene des Auges, 1892. — Hittenkofer, Der Schulhausbau, 1887. — H. Cohn, Die Hygiene des Auges in den Schulen, 1883. — Burgerstein u. Netolitzky, Schulhygiene in Weyls Handb. d. Hygiene, 1894. — Burgerstein, Suppl.-Band zu gen. Werke, 1901. — Derselbe, Schulhygiene 2. Aufl., Jena 1907.

Krankenhäuser: Römer, Krankenhäuser, Deutsches Bau-Handbuch, T. II. — Esse, Die Krankenhäuser, 1868. — Degen, Krankenanstalten, in v. Pettenkofers u. v. Ziemssens Handb. der Hygiene. — Gruber, Neue Krankenhäuser, Wien 1880. — Deneke, Das neue Krankenhaus zu Hamburg, Viert. f. öff. Ges. 1889. — Ruppel u. Merke, Krankenhäuser, in Weyls Handb. der Hygiene, 1896. — Felix, Sörensen und Böhm, Über Isolierspitäler, Ber. d. 6. internat. hyg. Kongr. zu Wien 1887. — Artikel von Merke in „Enzyklopädie der Hygiene“, Leipzig 1905.

Gefangenanstalten: Krohne, Die Gefängnisbaukunst, im Handbuch des Gefängniswesens von v. Holtzendorff u. v. Jagemann, 1888. — Baer, Gefängnishygiene, im Handbuch d. Hygiene, 1882 u. Enzycl. d. Hygiene 1905.

Militärhygiene: Kirchner, Grundriß der Militär-Gesundheitspflege, Braunschweig 1891—96.

Andere öffentliche Anstalten: v. Pettenkofers und v. Ziemssens Handbuch der Hygiene, 1882. — Weyls Handb. d. Hygiene. 1894—96.

Achtes Kapitel.

Beruf und Beschäftigung (Gewerbehygiene).

Die tägliche ärztliche Erfahrung lehrt, daß die Entstehung zahlreicher Krankheiten auf die Beschäftigungsweise der Erkrankten zurückzuführen ist. Vielfach hat die Beschäftigung ausschließlich und trotz der im übrigen günstigen hygienischen Verhältnisse die Krankheit hervorgerufen; oft tragen in höherem Grade Mängel der Wohnung, Nahrung, Hautpflege usw. die Schuld.

Auch die Statistik vermag einen bedeutenden Einfluß der Beschäftigung auf die gesamte Mortalität und auf die Frequenz einzelner Krankheiten zu erweisen. Als Beispiel möge die folgende Tabelle von Ogle dienen:

	Auf je 1000 Lebende der betreffenden Berufsklasse starben jährlich:		Relat. Sterblichkeit für 25—65jährige Männer, die bei Geistlichen beobachtete Minimalsterblichkeit = 100 gesetzt
	im Alter von 25—45 J.	im Alter von 45—65 J.	
Geistliche	4·6	15·9	100
Gärtner	5·5	16·2	108
Ländliche Arbeiter	7·1	17·7	126
Schullehrer	6·4	19·8	129
Fischer	8·3	19·7	143
Tischler	7·8	21·7	148
Kohlengrubenarbeiter	7·6	25·1	160
Schuster	9·3	23·4	166
Bäcker	8·7	26·1	172
Schmiede	9·3	25·7	175
Schneider	10·7	26·5	189
Ärzte	11·6	28·0	202
Brauer	13·9	34·3	245
Feilenhauer	15·3	45·1	300
Gasthausbedienstete	22·6	55·3	397

Eine genauere statistische Feststellung des Einflusses der Beschäftigung stößt auf große Schwierigkeiten und den bisher gewonnenen Zahlen haften sehr bedeutende Fehler an. Aus einigen wenigen Todesfällen wurde früher oft das durchschnittliche Alter beim Tode berechnet und dieses fälschlich der mittlern Lebensdauer gleichgesetzt. Selbst wenn nach einer korrekteren Methode gerechnet wird, so sind doch die Schlußfolgerungen mit großer Vorsicht zu ziehen. So ist zu berücksichtigen, daß viele einen bestimmten Beruf wählen, weil derselbe ihrer bereits vorher ausgebildeten schwächlichen oder kräftigen Konstitution entspricht. Der eine, von zartem Körper und vielleicht hereditär mit Phthise belastet, wählt mit gutem Grunde das Schneiderhandwerk, der andere, kräftig und ohne erbliche Belastung, wird Schmied oder Schlosser. Stirbt der erstere in jungen Jahren, so kann man ebensowenig sagen, daß dies die Folge seiner Beschäftigung war, wie man die Gesundheit und Langlebigkeit des anderen auf Rechnung seines Berufes setzen kann. — Außerdem kommen die Erwerbsverhältnisse, welche der betreffende Beruf gerade bietet, wesentlich in Betracht. Ist in einem Distrikt das Angebot für eine bestimmte Beschäftigung sehr groß und der Lohn entsprechend niedrig, so liefert die Statistik schlechte Zahlen, aber unter anderen, günstigeren Verhältnissen zeigt derselbe Beruf vielleicht eine wesentlich geringere Morbidität und Mortalität.

Die hygienische Bedeutung der Berufstätigkeit tritt naturgemäß in der Neuzeit um so mehr hervor, je mehr die Bevölkerungsziffer wächst, je mehr die Menschen sich in den Städten zusammendrängen und je energischer daher der einzelne seine Kräfte anspannen muß, um sich eine Existenz zu schaffen. Dieser gesteigerte Einfluß der Beschäftigung auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der jetzigen Generation macht sich fast bei allen Berufsarten geltend. Nicht zum wenigsten werden davon die geistig Arbeitenden betroffen. Unter Beamten, Gelehrten, Offizieren zeigen in den letzten Jahren Nervenkrankheiten und psychische Affektionen eine erschreckende Ausbreitung; Ernährungs- und Verdauungsstörungen, Augenleiden u. a. m. sind sicher in zahlreichen Fällen auf eine derartige Berufstätigkeit zurückzuführen. Leider stößt ein statistischer Nachweis der Krankheitsfrequenz bei dieser Kategorie von Arbeitenden auf große Schwierigkeiten, aber die ärztlichen Erfahrungen sprechen entschieden dafür, daß auch hier eine gewisse Entlastung und Schonung dringend indiziert ist, sei es durch eine Herabminderung der gestellten Anforderungen, sei es durch bessere Fürsorge für Ruhe oder sonstige Erleichterung der Arbeit.

Das Interesse größerer Kreise wendet sich indessen in unserem Jahrzehnt lediglich den in Gewerbebetrieben beschäftigten körperlich Arbeitenden zu, und insofern mit Recht, als diese den weitaus größeren Teil der städtischen Bevölkerung ausmachen und als vielfach die Gewerbebetriebe auch noch auf die umwohnenden Menschen nachteilig zu wirken vermögen. Die folgende Darstellung wird dementsprechend nur die Hygiene der gewerblichen Arbeiter und Betriebe berücksichtigen.

A. Ätiologie und Prophylaxis der Arbeiterkrankheiten.

I. Gesundheitsschädigungen durch die allgemeinen hygienischen Verhältnisse.

Unter Arbeiterkrankheiten im weiteren Sinne begreift man auch diejenigen Gesundheitsstörungen, welche nicht unmittelbar von der Beschäftigung abhängen, sondern auf einer Verschlechterung der allgemeinen Lebensbedingungen, der Ernährung, Wohnung, Hautpflege usw. beruhen. Da sich die Einnahmen des Arbeiters stets um die Grenze des eben zum Lebensunterhalt Ausreichenden zu bewegen pflegen, wird ein Defizit in bezug auf das eine oder andere der hygienischen Postulate außerordentlich häufig sein.

Es ist bereits S. 189 darauf hingewiesen, wie schwierig es zunächst ist, für den üblichen Lohnsatz eine den Bedarf des Körpers wirklich deckende Nahrung zu beschaffen. Es gelingt dies kaum mit bewußter Auswahl der nahrhaftesten und preiswürdigsten Nahrungsmittel, geschweige denn ohne Kenntnis des Nährwertes der Speisen und nur geleitet von dem trügerischen Maßstab des Aussehens, Volums und Geschmacks der Nahrung. Ein großer Teil der Arbeiter und ihrer Familien zeigt dementsprechend die deutlichsten Symptome unzureichender Ernährung. Als eine unausbleibliche Folge hiervon darf der Alkoholismus angesehen werden, da die Empfindung der Energielosigkeit naturgemäß zu einem Reizmittel treibt, das wenigstens vorübergehend das Gefühl der Kraft und Leistungsfähigkeit hervorzaubert.

Nicht minder leiden zahlreiche Arbeiter unter ungenügenden Wohnungen. Die Mehrzahl lebt eng zusammengedrängt in Mietskasernen, die nichts von dem bieten, was im Kapitel „Wohnung" bezüglich des Luftkubus, der Heizung, der Ventilation, der Belichtung usw. als erforderlich bezeichnet wurde, und deren Schmutz und Verkommenheit sich bald auch auf die wenigen Familien auszudehnen pflegt, welche ursprünglich noch das Bestreben hatten, sich ein behagliches Heim zu schaffen. — Auch die Kosten für reinliche Kleidung und Hautpflege sind schwer mit einiger Regelmäßigkeit in das Budget eines Arbeiters einzustellen.

Die Unsauberkeit in Kleidung und Wohnung wirkt wiederum mächtig unterstützend auf die Ausbreitung der Infektionsstoffe. Tuberkulose, die akuten Exantheme, Diphtherie finden hier reichlichste Gelegenheit zu immer neuen Übertragungen. Die Cholera infantum fordert in diesen Quartieren die weitaus zahlreichsten Opfer. Cholera-, Genickstarre-Epidemieen nehmen häufig in den Wohnstätten der

Arbeiter ihren Anfang und schwellen dort gleich so bedeutend an, daß an eine schnelle Ausrottung nicht mehr zu denken ist.

Besonders gefährdet sind die Kinder der Arbeiter dadurch, daß sie sowohl im Säuglings- wie im späteren Alter ohne genügende Pflege und Aufsicht bleiben, weil die Eltern außer dem Hause dem Verdienst nachgehen müssen. Ferner werden die Kinder oft schon in frühem Alter zu anstrengender Arbeit in oder außer dem Hause gezwungen und dadurch in ihrer körperlichen und geistigen Entwicklung gehemmt.

Außerordentlich drückend wird die Lage der Arbeiter, wenn Krankheiten den täglichen Verdienst hindern und wenn durch dauernde Gesundheitsstörungen oder Alter Erwerbsunfähigkeit eintritt. Da die Möglichkeit einer eigenen Fürsorge für solche Eventualität bei der Mehrzahl der Arbeiter ausgeschlossen ist, droht hier die Entstehung eines Proletariats, das vollständig auf die Unterstützung anderer angewiesen ist.

Maßregeln zur Beseitigung dieser ganzen Kategorie von Schädigungen der Arbeiter lassen sich selbstverständlich nicht mit einem Schlage und mit vollständig befriedigendem Effekt durchführen. Tragen doch auch sicher sehr viele Arbeiter durch schrankenloses Befriedigen ihrer Wünsche, frühzeitige Ehe, Mangel an Ordnung und Sparsamkeit zu ihrer schlechten wirtschaftlichen Lage bei. Aber unbekümmert hierum hat die Hygiene die Pflicht, für Schutz- und Abhilfemaßregeln, die wenigstens die schlimmsten Schäden treffen und deren Ausführung auf keine übergroßen Schwierigkeiten stößt, mit voller Energie einzutreten.

Die Ernährung des Arbeiters ist nach den S. 190 entwickelten Grundsätzen zu bessern. Belehrung über den Nährwert, die Preiswürdigkeit und zweckmäßige Zubereitung der Lebensmittel (Haushaltungs- und Kochschulen), Volksküchen und Konsumvereine müssen hier helfend eintreten. — Dem Alkoholmißbrauch ist vorzugsweise durch die S. 170 besprochenen Kaffee- und Teehäuser entgegenzuwirken.

Eine Besserung der Wohnungsverhältnisse ist durch regste Unterstützung aller der S. 298 ff. geschilderten Bestrebungen: Erlaß von Bauordnungen und Fluchtlinienplänen, Gründung von Arbeiterkolonien, Baukassen usw., Entlastung der Wohnungen von Kranken, Sorge für Erholung an frischer Luft u. dgl. mehr anzustreben.

Reichliche Wasserversorgung der Wohnungen, Volks- und Schulbäder müssen die Reinlichkeit fördern. — Die Bekämpfung ausgebrochener Infektionskrankheiten hat nach den im folgenden Kapitel entwickelten Grundsätzen zu erfolgen.

Für die Kinder der Arbeiter ist dadurch Vorsorge zu treffen, daß Krippen eingerichtet werden, welche die Säuglinge der arbeitenden Mütter über Tage aufnehmen; ferner Kindergärten, in welchen die Kinder vom zweiten Jahre bis zum schulpflichtigen Alter einen Teil des Tages zubringen. Schulpflichtige Kinder verbleiben erforderlichenfalls über Tag in Kinderhorten; während der Sommerferien sorgen Ferienkolonien für Erholung und Kräftigung. — Über den Schutz jugendlicher Arbeiter s. S. 475.

Um den schlimmen Folgen der vorübergehenden oder dauernden Erwerbsunfähigkeit vorzubeugen, sind in den Krankenkassen sowie in der Unfall-, Alters- und Invaliditätsversicherung in den letzten Jahren in Deutschland vom Staate Einrichtungen getroffen, welche bereits vielem Unglück vorgebeugt haben und bei weiterem Ausbau zweifellos noch vollkommener der Not der kranken und alternden Arbeiter begegnen werden.

Die wichtigsten einschlägigen Gesetze sind folgende: 1. Gesetz über Krankenversicherung vom 16. VI. 1883, ergänzt namentlich durch das Gesetz vom 19. V. 1903. In Industrie und Gewerbe gegen Lohn (bis zu 2000 M.) beschäftigte Personen sind verpflichtet einer Krankenkasse beizutreten; $^2/_3$ der Beiträge leistet der Arbeiter, $^1/_3$ der Arbeitgeber. Die Krankenkassen sind von den einzelnen Betrieben, Fabriken oder Innungen begründet (die Angehörigen eines Gewerbes oder Betriebes an einem Orte bilden eine „Ortskrankenkasse"); diejenigen Personen, welche zu diesen nicht gehören, partizipieren an den Gemeindekrankenkassen. Die Krankenkassen gewähren bis zu 26 Wochen freie ärztliche Behandlung und Krankengeld in Höhe des halben Tagelohns.

2. Gesetz über Unfallversicherung vom 6. VII. 1884. Die Unternehmer der Betriebe von gleicher Gefährlichkeit sind zu „Berufsgenossenschaften" vereinigt; sie erlassen Vorschriften zur Verhütung von Unglücksfällen und sammeln die Fonds zur Entschädigung der verunglückten Arbeiter. Letztere erhalten Kurkosten von der 13. Woche der Erkrankung ab; außerdem eine Rente, die bei völliger Arbeitsunfähigkeit $^2/_3$ des Verdienstes beträgt. Oberste Verwaltungsbehörde ist das Reichs-Versicherungsamt in Berlin.

3. Gesetz über Invaliditäts- und Altersversicherung vom 22. VI. 1889, ergänzt 19. VII. 1899. Versicherungspflichtig sind alle gegen Lohn (bis zu 2000 Mark) beschäftigten Arbeiter, Dienstboten, Gehilfen usw.; berechtigt, aber nicht verpflichtet sind außerdem Betriebsbeamte, Gewerbtreibende, Lehrer usw. mit 2000—3000 Mark Jahreseinkommen. Je nach dem Einkommen sind wöchentlich 14—36 Pfennige zu zahlen, zur Hälfte vom Arbeitgeber, zur Hälfte vom Arbeiter. Das Reich zahlt zu jeder Rente 50 Mark Zuschuß. Anspruch auf Rente haben Personen über 70 Jahre und solche, die nicht mehr als $^1/_3$ gegen früher verdienen können.

II. Gesundheitsschädigungen durch die Beschäftigungsweise der Arbeiter.

Der unmittelbar gesundheitsschädliche Einfluß der Beschäftigung kommt zustande: 1. durch hygienisch ungenügende Beschaffenheit der

Arbeitsräume; 2. durch die Muskelanstrengung und die Körperhaltung bei der Arbeit; 3. durch starke Lichtreize, Geräusche usw., welche die Sinnesorgane schädigen; 4. durch exzessive Temperaturen; 5. durch eingeatmeten Staub; 6. durch giftige Gase; 7. durch giftiges Arbeitsmaterial; 8. durch Kontagien; 9. durch Unfälle.

1. Die Arbeitsräume.

Dieselben tragen sehr häufig den hygienischen Anforderungen in bezug auf Luftraum, Ventilation, Beleuchtung usw. nicht hinreichend Rechnung; doch wird die Durchführung der in dieser Richtung bereits von den meisten Regierungen (in Deutschland durch die Gewerbeordnung vom 1. Januar 1873, ergänzt 1878, 1883, 1891, 1896, 1900) erlassenen Vorschriften, von deren Erfüllung insbesondere die Genehmigung jeder neuen gewerblichen Anlage abhängig gemacht wird, allmählich Wandel schaffen.

Die Vorschriften bestimmen beispielsweise, daß die Arbeitsräume in bezug auf Flächeninhalt, Lage, Heizung, Beleuchtung und Ventilation den allgemeinen Regeln der Gesundheitspflege entsprechen. Die Höhe der Arbeitsräume soll wenigstens 3·5 m, bei einer erheblichen Zahl von Arbeitern 4 m, bei größeren Sälen 5 m betragen. Jedem Arbeiter sollen wenigstens 10 cbm Luftraum und 20 cbm stündliche Luftzufuhr gewährt werden; entwickeln sich im Arbeitsraum reichliche Mengen Atmungs- oder Beleuchtungsprodukte, z. B. in Bergwerken durch die rußenden Lampen, so ist für kräftigere Ventilation zu sorgen. Übelriechende Gase sind tunlichst am Entstehungsort abzusaugen. — Die Aborte sollen in gehöriger Zahl, für die Geschlechter getrennt, mit zugfreiem Zugang und so angelegt werden, daß keine Ausdünstungen in den Arbeitsraum gelangen. Ist ein Kleiderwechsel der Arbeiter erforderlich, so müssen auch hierfür geeignete, für die Geschlechter getrennte Räume hergestellt sein. Dortselbst sollen ausreichende Waschvorrichtungen Platz finden. Bei größerer Entfernung der Fabrik von den Wohnungen der Arbeiter sind geräumige und heizbare Speiseräume einzurichten, in welchen Vorkehrungen zum Erwärmen der mitgebrachten Speisen angebracht sein müssen. Für gesundes Trinkwasser ist zu sorgen. Die Triebmaschinen, Transmissionen, Falltüren und Treppenöffnungen haben eine solche Einfriedigung zu erhalten, daß eine Verletzung der Passanten ausgeschlossen ist.

2. Die Muskelarbeit und die Körperhaltung

kann sehr mannigfaltige Gesundheitsstörungen hervorrufen.

Durch den Druck auf das Handwerkszeug entstehen in der Hand oft Schwielen, Blasen und chronische Entzündungen. Man beobachtet dieselben besonders bei Tischlern, Graveuren, Metalldrehern, Gerbern. An anderen Körperstellen können akzidentelle Schleimbeutel entstehen, so ein Schleimbeutel am Ellenbogengelenk bei Lederappreteuren, ein

solcher am vorderen Darmbeinstachel bei Webern durch den Druck des Brustbaumes, ferner an den äußeren Malleolen und am Köpfchen der Fibula bei Schneidern. — Schuster zeigen am Sternum oft eine umschriebene Vertiefung, welche durch den Druck des Leistens gegen den Brustkasten zustande kommt.

Bei fortgesetzter Anstrengung derselben Muskelgruppen beobachtet man, am häufigsten wiederum an der Hand, Sehnenscheiden- und Gelenkentzündungen, Kontrakturen und Krämpfe der betreffenden Muskeln. Setzer, Tischler, Gerber, Juweliere, Blumenmacherinnen, welche sämtlich dauernd minutiöse Handarbeiten mit gewissem Kraftaufwand zu verrichten haben, leiden oft an diesen Affektionen. Die als „Schreibkrampf" bezeichnete professionelle Koordinationsneurose findet man außer bei Schreibern bei Graveuren, Setzern, Juwelieren, Näherinnen, Klavierspielern usw. — Andere besonders angestrengte Muskelgruppen hypertrophieren; nicht selten entstehen Rückgratsverkrümmungen, wenn die Arbeit eine prononciert einseitige ist und eine forcierte Biegung oder Drehung des Oberkörpers veranlaßt, z. B. bei Kesselschmieden, Schneidern, Schustern usw.

Anhaltendes Aufrechtstehen führt zuweilen zu Varicen, Ödemen und Geschwüren an den unteren Extremitäten. Setzer, Schlachter, Gerber sind z. B. dieser Affektion ausgesetzt.

Weit häufiger kommen Zirkulationsstörungen infolge von sitzender und gebückter Stellung vor. Schneider, Näherinnen, Stickerinnen, Schuster leiden fast immer an gastrischen Beschwerden, Ernährungsstörungen, resp. an Krankheiten der Beckenorgane. Auch die Behinderung der freien Atmung durch die professionelle sitzende und gebückte Haltung wirkt begünstigend auf das Entstehen von Ernährungsstörungen.

Ferner kann wiederholte intensive Muskelanstrengung, wie sie bei Lastträgern, Schmieden, Schlossern, Bäckern erforderlich ist, das Allgemeinbefinden stören, indem sie zu Emphysem und organischen Herzfehlern disponiert; in selteneren Fällen führt sie auch zu Muskelzerreißungen und Hernien.

Selbstverständlich bedingt endlich jede Überanstrengung, sei es, daß die Arbeit für die individuelle Muskelkraft zu anstrengend ist, sei es, daß eine an sich leichte Arbeit zu lange ausgedehnt und nicht von den gehörigen Ruhepausen unterbrochen wird, eine Schwächung der Gesundheit.

Gegen die genannten Schädigungen kann großenteils nur die Aufmerksamkeit und Vorsicht des einzelnen Schutz gewähren. Insbesondere muß der Arbeiter die Dauer der Arbeit und den Grad der Anstrengung seiner individuellen Leistungsfähigkeit anzupassen suchen.

Einige Nachteile sind durch Änderung der Werkzeuge zu beseitigen; andere dadurch, daß die Arbeit mit Hilfe von Maschinen statt mittels der Muskeln geleistet wird. So ist z. B. die Verwendung einfacher Motoren für Nähmaschinen, die Herstellung von Leisten durch Maschinen u. a. m. anzustreben.

3. Schädigung der Sinnesorgane.

Vorzugsweise ist das Auge gefährdet. Entweder führt das fortgesetzte Fixieren kleiner Gegenstände, eventuell bei ungenügender Beleuchtung, zu Myopie und deren schwereren Folgezuständen (Schreiber, Juweliere, Graveure, Blumenmacherinnen, Setzer); oder Arbeiten bei sehr mattem Licht bewirkt z. B. bei den Kohlenhauern der Steinkohlenbergwerke oft krampfhafte Zuckungen der Augenmuskeln (Nystagmus); oder blendendes Licht, grelle Wechsel zwischen Hell und Dunkel und strahlende Hitze bewirken Überreizung des Auges (Heizer, Schmiede, Schmelzofenarbeiter, Glasarbeiter); oder mechanische Insulte, reizende Gase oder Staub führen Verletzungen des Auges resp. Konjunktivitis und Blepharitis herbei (Fremdkörper bei Arbeiten an Metalldrehbänken und Holzbearbeitungsmaschinen; Steinsplitter bei Steinschlägern; Funken und Spritzer in Eisengießereien; verspritzende Säure und Dämpfe bei der Verarbeitung von Braunkohlenteer, Chlor, Salzsäure; Baumwollen- und Hanfstaub).

Zum Schutz gegen die letztgenannten Schädigungen werden Schutzbrillen verwendet, und zwar sind die betreffenden Fabrikunternehmer gesetzlich verpflichtet, ihren Arbeitern Schutzbrillen zu liefern. Sollen dieselben nur gegen gröbere Fremdkörper (Steinsplitter) schützen, so genügen Drahtbrillen. Andernfalls benutzt man Gläser aus weißem (bei grellem Licht rauchgrauem), starkem Glas in vorspringender Fassung, die auf eine dicht anschließende Lederbinde aufgenäht sind. Gläser aus Glimmer sollen gegen strahlende Hitze besseren Schutz gewähren; das Material ist jedoch zu ungleichmäßig und erschwert das deutliche Sehen. — Übrigens werden alle Schutzbrillen von den Arbeitern ungern getragen, weil die Gläser leicht durch Beschlagen und Staub trübe werden und das Sehvermögen immer etwas beschränken. Die Stroofsche Brille, bei welcher zwischen Glas und Fassung Schlitze und in der Fassung selbst noch Öffnungen angebracht sind, soll von Kondenswasser frei bleiben. Neuere Konstruktionen sind von Wendschuch (Dresden), Weiss (Zelluloidbrille mit Luftzuführung) u. a. hergestellt. — Die Schutzmaßregeln gegen die übrigen Schädigungen des Auges müssen wesentlich dem einzelnen

überlassen bleiben; bei Myopie und beginnender Sehschwäche ist die sorgfältige Beachtung der ersten Symptome und baldige Änderung der Beschäftigung vor allem indiziert.

Seltener wird das Gehörorgan durch das anhaltende betäubende Geräusch in Hammerwerken und Schmieden affiziert. — Über Gehörstörungen bei Arbeiten in komprimierter Luft s. unten.

4. Gesteigerter Luftdruck.

Arbeiten in komprimierter Luft haben die Taucher in der Taucherglocke zu leisten, in welcher durch kontinuierliche Zuleitung komprimierter Luft das Wasser verdrängt wird. In größtem Umfang werden Arbeiten unter ähnlichen Verhältnissen ausgeführt bei der Fundierung von Brückenpfeilern, beim Schleusenbau, auch beim Tunnel- und Brunnenbau. Aus dem wasserführenden Boden wird das Wasser dadurch verdrängt, daß ein unten offener Hohlzylinder (Caisson) in den Boden eingesenkt und daß nun durch verdichtete Luft das Wasser zurückgedrängt und der Raum im Hohlzylinder so lange wasserfrei erhalten wird, wie die Arbeiten dauern. Je nach der zu überwindenden Wassersäule ist der anzuwendende Druck verschieden und beträgt nicht selten bis zwei Atmosphären und mehr. — Bei den in diesen Caissons beschäftigten Arbeitern treten die S. 23 geschilderten Symptome sehr ausgeprägt hervor; jedoch sind dieselben unbedenklich und wenig belästigend. Nur der Übergang aus der komprimierten Luft in Luft von gewöhnlichem Druck muß aus den S. 24 angeführten Gründen mit Vorsicht und allmählich geschehen. Dies wird dadurch erreicht, daß am oberen Ende des Caissons eine Luftschleuse angebracht ist, die den plötzlichen Ein- und Austritt verhindert.

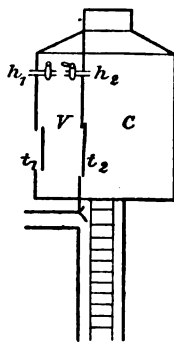


Fig. 106.

Die Arbeiter gelangen beim Einfahren zunächst in die Vorkammer V. Die von da in den Caisson führende Tür t_2 läßt sich aber vorläufig nicht öffnen, weil die Tür durch die innen befindliche komprimierte Luft fest angedrückt wird. Erst nachdem die Arbeiter durch den Hahn h_2 Druckluft allmählich in die Vorkammer eingelassen haben, so daß schließlich der Druck in dieser der gleiche wie im Caisson ist, läßt sich die Tür t_2 öffnen und die Arbeiter können absteigen. Gleichzeitig wird nun aber die von der Vorkammer nach außen führende Tür t_1 fest von innen angepreßt. Kommen unter diesen Umständen die ausfahrenden Arbeiter in die unter Überdruck stehende Vorkammer, so können sie die Außentür nicht öffnen. Sie müssen erst durch den Hahn h_1 die verdichtete Luft der Vorkammer allmählich ausströmen lassen, und erst wenn dadurch der Druck dem der Außenluft ungefähr gleich geworden ist, ist es ihnen möglich, den Raum zu verlassen.

5. Exzessive Temperaturen.

Hohe Temperaturen kommen bei zahlreichen Gewerbebetrieben vor; oft in Form der strahlenden Wärme (z. B. bei Heizern, Schmelzofen- und Glasarbeitern, Gießern, Schmieden, Bäckern), die jedoch verhältnismäßig gut ertragen wird, da bei diesen Betrieben eine sehr reichliche Luftzufuhr die Wärmeabgabe erleichtert. Nur kommt eine Neigung der fortwährend stark schwitzenden und erhitzten Haut zu Hauterkrankungen (Ekzem, Lichen) zustande; ferner disponiert die reichliche Getränkaufnahme zu Verdauungsstörungen. — Weit nachteiliger auf das Allgemeinbefinden wirkt der Aufenthalt in einem geschlossenen Arbeitsraum, dessen Luft eine Temperatur von 25—30° und darüber zeigt und daneben noch eine hohe Luftfeuchtigkeit. Beispielsweise kommen solche Wärmegrade vor in tiefen Bergwerken und bei Tunnelbauten, wo die resultierende Wärmestauung oft die Arbeiten aufs äußerste erschwert; ferner in Färbe-, Dekatier- und Appreturwerkstätten, Kammwoll-, Baumwoll- und Flachsspinnereien und Webereien, in den Drehersälen der Porzellanfabriken u. a. m. Bei den genannten Gewerben ist durch Größe der Arbeitsräume, reichlichste Ventilation, eventuell Einführung elektrischer Beleuchtung an Stelle der Gasbeleuchtung und insbesondere durch Umhüllung der Dampfleitungen mit Wärmeschutzmitteln (Schlackenwolle, Kieselgur usw.), resp. durch Ummantelung der Öfen nach Möglichkeit Abhilfe zu schaffen. In manchen Fabriken sind indes solche Schutzmittel nur in sehr beschränktem Maße anwendbar, weil für die betreffende Technik hohe Temperaturen und hohe Feuchtigkeitsgrade erforderlich sind; so z. B. geht das Verspinnen nur in Arbeitsräumen mit warmer feuchter Luft gut vonstatten. — Über Schutz gegen Verbrennungen s. S. 275.

6. Einatmung von Staub.

Bei vielen Gewerbebetrieben sind die Arbeiter einer steten Staubinhalation ausgesetzt, und als Folge derselben beobachtet man massenhafte Einlagerungen der Staubteilchen in die Schleimhäute, in die Lymphbahnen des Lungenparenchyms und in die Bronchialdrüsen. Die Symptome, die dadurch vorzugsweise veranlaßt werden, sind die des chronischen Bronchialkatarrhs und in der Folge oft des Lungenemphysems.

Manche Beobachter führen auch pneumonische Erkrankungen auf direkte Staubeinwirkung zurück; ebenso wird Lungenphthise vielfach als Folge von Staubinhalation bezeichnet; und zwar wird namentlich metallischer und mineralischer Staub als gefährlich angeschuldigt, während vegetabilischer und animalischer Staub relativ selten Phthise veranlassen soll. Meist ist indes

hier der Staub nicht die allein ausreichende Ursache, sondern ein wichtiges disponierendes Moment, welches Invasionspforten für die spezifischen Erreger schafft. Es ist experimentell nachgewiesen, daß gleichzeitige Inhalation von scharfem Staub und Bakterien zu schwerer Infektion führt, die bei Inhalation von Bakterien allein oder von Staub allein ausbleibt. — Für die Frequenz der Phthise kommen jedenfalls neben der Staubinhalation die sonstigen Lebensverhältnisse der betreffenden Arbeiter, die Vererbung und vor allem die vermehrte Gelegenheit zur Aufnahme der Tuberkelbazillen in den mit Phthisikern besetzten Arbeitsräumen sehr wesentlich in Betracht.

Hesse hat die Menge des von einem Arbeiter in 10 Stunden eingeatmeten Staubes bestimmt:

in einer Roßhaarspinnerei zu	0·05	g
„ „ Kunstwollefabrik	0·1	„
„ „ Mühle	0·13	„
„ „ Schnupftabakfabrik	0·36	„
„ „ Zementfabrik	0·1	„

Am wenigsten verderblich ist die Einlagerung von Kohlenstaub in die Lungen, die Anthrakosis, die zwar nicht selten chronischen Katarrh hervorruft, aber so selten mit Phthisis kompliziert ist, daß manche Beobachter der Kohlenlunge geradezu eine Immunität gegen diese Krankheit zuschreiben wollen. Die gewerblichen Arbeiter, welche besonders leicht Kohlenlunge akquirieren, sind vor allem die Bergleute der Kohlengruben; in geringerem Grade exponiert sind Köhler, Kohlenhändler und Kohlenträger, Heizer. Ferner wird Kohle in Form von Ruß aufgenommen von Schornsteinfegern und Bergleuten; in Form von Graphit von Gießern, Formern und Bleistiftarbeitern.

Feinste Teilchen von Eisen, Eisenoxyd und Eisenoxyduloxyd rufen die Siderosis pulmonum hervor; Kupferteilchen wirken vermutlich ähnlich. Als Folge der eingelagerten Partikelchen entstehen cirrhotische Knoten und eine lobuläre, interstitielle indurierende Pneumonie. Schmiede und Schlosser, ebenso Kupferschmiede, Klempner, Uhrmacher usw. kommen zwar mit feinen Eisen- bezw. Kupferteilchen in Berührung, doch sind die letzteren nicht fein genug, um in größerer Menge in die Lungen aufgenommen zu werden. Am meisten sind aus dieser Kategorie noch die Feilenhauer exponiert. Dagegen entstehen enorme Massen von feinstem Eisenoxydstaub bei der Benutzung des sog. roten Smirgels (Englisch Rot), der als Poliermittel für Stahl und Spiegel dient; ferner kommt beim Schleifen der Eisen- und Stahlwaren ein aus Eisen- und Steinteilchen gemischter Staub zur Wirkung.

Im Schleifstaub sind das Wesentliche die steinigen Partikelchen, welche im ganzen ähnliche Erscheinungen hervorrufen, wie der metallische Staub. Der Schleifstaub bildet sich nur beim Schleifen von

Näh-, Strick- und Stecknadeln, die trocken geschliffen werden, während das Schleifen gröberer Objekte unter Befeuchtung erfolgt. — Von sonstigem mineralischem Staub gilt als besonders gefährlich der harte, spitzige Quarzstaub, dem die Arbeiter in den Stampfwerken der Glasfabriken und die Mühlsteinhauer exponiert sind. Beim Glasschleifen wird das Schleifpulver (Feuerstein oder Englisch Rot) gewöhnlich mit Wasser angefeuchtet, nur bei einigen seltenen Schliffarten werden die Arbeiter durch trockenen Staub gefährdet. Tonstaub wird von Ultramarin-, Porzellanarbeitern, Töpfern und Specksteinarbeitern, Kalkstaub in Form von Ätzkalk von den Arbeitern der Kalköfen beim Ausnehmen des gebrannten Kalks eingeatmet; in Form von kohlensaurem Kalk von den Perlmutterdrechslern. Sehr viel Staub entwickelt sich bei der Zementfabrikation, wo Kreide oder Kalk, Ton und Sand in sehr feingemahlenem Zustand gemengt werden. Gipsstaub belästigt hauptsächlich die Stuckarbeiter beim Abschleifen des Stucks mit Bimsstein. Besonders große Mengen feinsten gefährlichen Staubes liefert die Thomasschlackenindustrie.

Unter den organischen Staubarten führt der Tabaksstaub, der sich beim Rapieren (Zerkleinern mit Wiegemessern), Sortieren, Sieben und Packen des Tabaks in großer Menge entwickelt, zuweilen — aber sehr selten — zu Ablagerungen in den Lungen. Die überwiegende Mehrzahl der Arbeiter merkt auch bei langdauerndem Aufenthalt in Tabaksstaub keine Schädigung der Gesundheit. — Enorme Massen von Staub treten in Baumwoll- und Wollspinnereien auf.

Baumwollstaub entwickelt sich zunächst, wenn die rohe Baumwolle im Reißwolf zerrissen und gelockert wird, ferner wenn die gereinigte Baumwolle in den Krempel- und Kratzmaschinen durch spitze Kupferdrähte (Karden) in parallele Lage gebracht und zum Spinnen vorbereitet wird. Insbesondere beim Reinigen der Karden von den daran haften gebliebenen Fasern erheben sich mächtige Wolken leichten Staubes.

Wollstaub tritt zunächst schon beim Sortieren und Klopfen der Vliese auf, dann beim Wolfen und Krempeln der Wolle sowie beim Scheren des Tuchs. Besonders reichlich ist der Staub in der Kunstwollindustrie, wo Wolllumpen im Reißwolf zerrissen werden.

Dem Staub von tierischen Haaren sind Bürstenbinder beim sog. Kämmen der Borsten, ferner Tapezierer, Sattler, Kürschner ausgesetzt; in weit höherem Grade aber die Arbeiter, welche bei der Fabrikation von Hüten aus Hasen-, Kaninchen- und Biberhaar beschäftigt sind, und speziell diejenigen, welche das Schneiden der Haare (Kürzen der Borstenhaare, bis sie mit dem Flaumhaar gleiche Länge haben) besorgen.

Vielfach werden die Felle vor dem Enthaaren mit Scheidewasser und metallischem Quecksilber behandelt, so daß Merkuronitrat sich bildet, dann

getrocknet und nachher geklopft und gebürstet. Dabei kann ein durch Beimengung jenes Quecksilbersalzes besonders gefährlicher Staub sich entwickeln.

Bei der Bearbeitung der Bettfedern, ferner bei der Bearbeitung des Holzes (in Faß- und Bleistiftfabriken) sowie in den Hadernsälen der Papierfabriken kommt es gleichfalls zu belästigendem Staub.

Auch die organischen Staubarten beeinträchtigen die normale Aufnahme von Atemluft und bewirken eine fortgesetzte Reizung der Respirationsschleimhaut, Neigung zu chronischen Katarrhen und damit häufig Invasionspforten für Kontagien, an denen es in den betreffenden Arbeitsräumen nie zu fehlen pflegt.

Über giftigen und contagiösen Staub siehe unten.

Die Schutzmittel gegen die Staubinhalation bestehen erstens in der Hinderung der Staubentwickelung; zweitens in der sofortigen Entfernung des einmal gebildeten Staubes durch Absaugen; drittens in Respiratoren, welche die Arbeiter in der staubhaltigen Luft anlegen.

I. Um die Staubproduktion zu hindern, könnte man daran denken, das Material anzufeuchten oder die Zerkleinerung unter Wasser vorzunehmen. Aus technischen Gründen kann jedoch nur in den seltensten Fällen von diesem Mittel Gebrauch gemacht werden. — Dagegen hat sich die Zerkleinerung steiniger, Staub liefernder Massen in ganz geschlossenen Behältern, in den sogenannten Kugelmühlen, z. B. in Pochwerken gut bewährt.

II. Am häufigsten wird die Entfernung des gebildeten Staubes versucht durch kräftige Luftströme. Die Anwendung derselben soll aber nicht in Form eines den ganzen Arbeitsraum ventilierenden Stromes erfolgen, der entfernt von der Stelle der Staubproduktion ein- und austritt. Oben (S. 350) wurde bereits betont, daß eine solche Ventilation zur Beseitigung von Staub unzureichend ist; soll sie ausgiebig wirken, so muß eine so kräftige Luftbewegung vorhanden sein, daß ein Aufenthalt in dem betreffenden Raum kaum zu ertragen wäre, und trotzdem würde der Effekt meist ungenügend ausfallen. Der Luftstrom muß vielmehr seine größte Geschwindigkeit dort entwickeln, wo der Staub entsteht, d. h. die Abströmungsöffnung muß in unmittelbarster Nähe der Arbeitsplätze usw. liegen, so daß es zum Absaugen des Staubes kommt, ehe derselbe sich im Raum verbreitet hat. Diesen Anforderungen entsprechen die Exhaustoren, weite Rohre, in welchen mittels kräftigen Motors ein starker aspirierender Luftstrom erzeugt wird und deren trichterförmige Einströmungsöffnungen über oder noch besser unter den einzelnen Arbeitsplätzen angebracht sind bezw. zeit-

weise in unmittelbare Nähe der staubenden Objekte geführt werden können. Die Exhaustoren werden mit gutem Erfolge benutzt z. B. zum Absaugen des Baumwollstaubes im Reißwolf, sowie beim Reinigen der Karden; ferner zum Absaugen des bei der Hutabreiberei entstehenden Staubes, des Schleifstaubes in Nadel- und in Hornkammfabriken, des Mühlenstaubes usw.

Der Reißwolf wird mit einem dicht schließenden Gehäuse umgeben, das durch den Kanal *b* (Fig. 107) mit einer Vorkammer in Verbindung steht; aus dieser wird durch die Öffnung *e* mittels kräftigen Aspirators die Luft fortwährend abgesogen. Die bei *a* eintretende Baumwolle sammelt sich nach dem Passieren des Wolfs bei *c* und wird dort durch eine Tür von Zeit zu Zeit herausgenommen; der abgerissene lockere Staub aber wird bei *d* durch ein weitmaschiges Filter gerissen, gelangt in den Exhaustor und von da ins Freie.

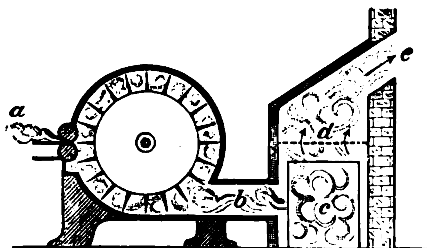


Fig. 107. Staubabsaugung bei der Reinigung der Karden.

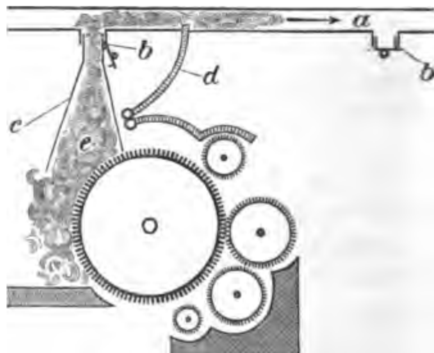


Fig. 108. Reißwolf mit Staubabsaugung.

Sollen die Karden gereinigt werden, so wird zunächst eine Verbindung zwischen der Reinigungsstelle und einem Rohre (*a* in Fig. 108) hergestellt, das über sämtlichen Krempelmaschinen herläuft und zu einem mit Maschinenkraft betriebenen Ventilator führt. Dieses Rohr trägt mehrere Stutzen (*b*), die für gewöhnlich verschlossen sind; soll die Reinigung beginnen, so wird das Gehäuse, welches die Karden bedeckt (*d*), zurückgeklappt und in den Stutzen ein Trichter *c* eingesetzt, dessen Öffnung bis nahe auf die Karden reicht. Werden nunmehr die Baumwollreste mit Bürsten u. dergl. von den Karden gelöst, so werden sie vollständig in den Exhaustor abgeführt.

Vielfach finden auch Respiratoren Anwendung; dieselben bestehen aus feinmaschigen, porösen Stoffen, welche den Staub abfiltrieren, die Luft aber passieren lassen sollen. Entweder werden nur feine Drahtgewebe verwendet oder solche mit Einlagen von Watte bezw. Wollstoff, die eventuell angefeuchtet werden sollen; oder auch platte Schwämme, die angefeuchtet und fest vor Mund und Nase gebunden werden. Eine besondere Form stellen die Masken dar, welche den ganzen Kopf bedecken und eine Zufuhr von frischer, reiner Luft durch

Schläuche erhalten. — Alle gebräuchlichen Respiratoren sind aber, abgesehen davon, daß sie von den Arbeitern sehr ungern benutzt werden, nach neueren Versuchen völlig insuffizient. Wählt man die Poren sehr eng, so wird sehr bald die Atmung erschwert, insbesondere wenn bereits Staubteilchen in das Filter eingelagert sind. Weitere Poren gewähren dagegen nicht genügende Zurückhaltung des Staubes. Am wirksamsten sind den ganzen Kopf in erheblichem Abstand umhüllende Musselinfilter, die eine sehr große Fläche darbieten und daher die Luft an der einzelnen Masche nicht mit zu großer Geschwindigkeit durchtreten lassen. Auch derartige Respiratoren sind indes wesentlich nur geeignet zur vorübergehenden, kurzdauernden Benutzung in einer Luft, welche starke Staubmassen oder gar giftigen Staub enthält.

7. Die Einatmung giftiger Gase.

Abgesehen von den belästigenden Gasen, welche durch die Ansammlung von Menschen und durch die Beleuchtung geliefert werden, kommt es bei manchen Gewerben zu einer Produktion teils irrespirabler, teils toxischer Gase, welche oft schon in sehr kleinen Mengen gesundheitsschädigend wirken. Die wichtigsten derselben sind: Chlor, salpetrige Säure, Salzsäure, schweflige Säure; seltener kommen Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff in Betracht.

In der folgenden von Lehmann aufgestellten Tabelle ist angegeben, bei welchen Konzentrationen bezw. bei welcher Dauer der Einwirkung eine schädigende Einwirkung auf den Menschen zustande kommt.

	Konzentrationen, die rasch gefährliche Erkrankungen bedingen	Konzentrationen, die nach 1/2 bis 1 Stunde ohne schwerere Störungen zu ertragen sind	Konzentrationen, die bei mehrstündiger Einwirkung nur minimale Symptome bedingen
Salzsäuregas . . .	1·5—2·0‰	0·05 bis höchstens 0·1‰	0·01‰
Schweflige Säure .	0·4—0·5‰	0·05‰ od. weniger	—
Kohlensäure . . .	zirka 30%	bis 8%	1% (?)
Ammoniak . . .	2·5—4·5‰	0·3‰	0·1‰
Chlor und Brom .	0·04—0·06‰	0·004‰	0·001‰
Jod	—	0·003‰	0·0005—0·005‰
Schwefelwasserstoff	0·5—0·7‰	0·2—0·3‰	—
Schwefelkohlenstoff	10—12 mg i. 1 Lit.	1·2—1·5 mg i. 1 Lit.	—
Kohlenoxyd . . .	2—3‰	0·5—1·0‰	0·2‰

Chlor kann zur Einatmung gelangen bei der Chlorkalkfabrikation und beim Schnellbleichen. Nur ein sehr kleiner Gehalt ist als un-

bedenklich anzusehen. Ein Gehalt von 0·005 p. m. ruft bereits starke Reizung der Schleimhäute hervor und muß bei dauernder Einwirkung als unzulässig bezeichnet werden. — Durch die Verwendung gut schließender Apparate und reichliche Ventilation kann jedoch die Beimengung von Chlorgas zur Luft des Arbeitsraumes in den genannten Gewerben ziemlich leicht vermieden werden. Für kurzes Betreten eines mit Chlor erfüllten Raumes (Ausnehmen des fertigen Chlorkalks) ist das Vorbinden von Respiratoren, welche mit Alkohol befeuchtete Schwämme enthalten, indiziert.

Salpetrige Säure entsteht bei Herstellung der konzentrierten Salpetersäure, bei der Fabrikation der Eisenbeize, ferner bei der Bereitung des Nitrobenzols, das jetzt in großem Maßstabe zur Darstellung der Anilinfarben Verwendung findet. In geringerem Grade entwickelt sich salpetrige Säure in den Münzen und bei der galvanischen Vergoldung.

Es läßt sich jedoch ein zu hoher Gehalt der Luft an salpetriger Säure bei allen diesen Gewerben mit einiger Vorsicht vermeiden. Die bei der Darstellung der konzentrierten Salpetersäure auftretenden Dämpfe müssen durch Kondensationstürme mit Wasserregen geführt werden; im übrigen sind so viel als möglich geschlossene Apparate zu verwenden und es ist für reichliche Ventilation zu sorgen.

Salzsäuregas ruft bei einem Gehalt von 0·5 p. m. bei Versuchstieren schon deutliche Symptome von Reizung der Schleimhäute hervor. — Kleinere Mengen Salzsäuregas entstehen in der Töpferei (bei der Kochsalzglasur der Steingutwaren, vgl. S. 465), bei der Glasfabrikation und bei der Zinnsalzdarstellung. In ungeheuren Massen entweicht Salzsäure in den Sodafabriken bei dem Sulfatprozeß, durch welchen aus Kochsalz und Schwefelsäure Natriumsulfat und Salzsäure gewonnen wird. Während man diese Massen von Salzsäuregas früher durch Schornsteine abströmen ließ, werden dieselben jetzt gewöhnlich durch Waschen zunächst in doppelhalsigen mit Wasser gefüllten Flaschen (sogenannten Bonbonnes), dann in Kokstürmen, in welchen Wasser herabrieselt, zurückgehalten. Bei ausreichender Ventilation der Arbeitsräume kommt es selten zu schädigender Einwirkung.

Schweflige Säure wirkt weniger intensiv; deutliche Giftwirkung tritt erst bei einem Gehalt von 0·5 p. m. hervor. Die schweflige Säure wird der Luft des Arbeitsraumes zugemengt z. B. in der Strohhutfabrikation beim Bleichen der Hüte, ebenso beim Bleichen von Seide, Woll- und Baumwollstoffen, von Darmsaiten usw.; ferner beim Schwefeln des Hopfens. Zeitweise kommt es zu einer sehr starken Bildung der Säure in Alaun-, Glas- und Ultramarinfabriken; ferner bei der Schwefelsäurebereitung. Enorme Mengen von schwefliger Säure werden oft von den Rostöfen der Hüttenwerke geliefert; doch führt

dies mehr zu einer Belästigung der Anwohner (s. unten), als zu einer Gefährdung der Arbeiter.

Die schädlichen Einwirkungen der schwefligen Säure in den Gewerben sind leicht durch Ventilationseinrichtungen zu vermeiden. Über die Beseitigung der Hüttengase siehe S. 466.

Kohlensäure wirkt erst bei sehr bedeutender Anhäufung toxisch (vgl. S. 82). Derartige Konzentrationen kommen zuweilen vor in den Gärungsgeweben, in Bierbrauereien, Weingärkellern, Preßhefefabriken. Ferner werden Brunnenarbeiter in tiefen Brunnenschachten, Totengräber in Grüften, Lohgerber in Lohgruben einer Kohlensäureintoxikation ausgesetzt, jedoch nie ohne eine gewisse Fahrlässigkeit. In Bergwerken bilden sich zuweilen starke Kohlensäureansammlungen, die schließlich Intoxikation veranlassen können (matte Wetter). Hier müssen gute Ventilationsvorrichtungen Abhilfe schaffen.

Kohlenoxydgasvergiftung tritt zuweilen bei Gasarbeitern ein; häufiger können die Gichtgase der Eisenhütten und die Minengase zu Kohlenoxydgasvergiftung führen. Auch dieser Gefahr läßt sich meistens mit einiger Sorgsamkeit begegnen. Eine Abführung der Gichtgase wird neuerdings um so energischer angestrebt, als dieselben zur Winderhitzung oder Dampfkesselheizung vorteilhaft ausgenutzt werden können.

Schwefelwasserstoff ruft schon bei einem Gehalt von 0·5—0·6 Promille gefährliche Wirkungen auf die Arbeiter hervor. Bei stärkerer Konzentration können sehr plötzlich Krämpfe, Asphyxie und der Tod eintreten. Außer bei chemischen Präparationen, z. B. gewissen Arten der Verarbeitung von Sodarückständen, kann sich Schwefelwasserstoff in Kloaken, Kanälen und durch sonstige Ansammlungen faulender Substanzen in solcher Menge entwickeln, daß toxische Wirkungen bei den Arbeitern auftreten. Die Gefahr läßt sich durch Vorsicht des einzelnen um so leichter vermeiden, als in dem intensiven Geruch des Gases ein warnendes Symptom gegeben ist.

Schwefelkohlenstoffdämpfe führen zuweilen zu Intoxikationserscheinungen bei den Arbeitern von Gummifabriken.

8. Beschäftigung mit giftigem Arbeitsmaterial.

Bei der Bearbeitung von giftigem Material kann die Aufnahme des Giftes teils durch Einatmung von Staub oder Dämpfen erfolgen, teils dadurch, daß infolge von Berührungen und Hantierungen kleine Teilchen des Giftes in den Mund, auf Speisen usw. gebracht werden und so in den Verdauungstraktus gelangen; teils endlich dadurch, daß von Hautwunden und Schrunden aus eine Resorption stattfindet. Meist kommen alle drei Wege in Frage; am häufigsten scheinen die Hantierungen zu Vergiftungen Anlaß zu geben. — Die Stoffe, welche im Gewerbebetrieb hauptsächlich solche Vergiftungen veranlassen, sind: Blei, Zink, Quecksilber, Phosphor und Arsen.

Blei. Die Verwendung des Bleis zu den verschiedensten Gebrauchsgegenständen (Glasuren der Kochgeschirre, Wasserleitungen, Kinderspielzeug, Farben, Kitte u. dgl.) bewirkt Gefahren sowohl für

zahlreiche gewerbliche Arbeiter wie auch für das kaufende Publikum. Von den in der Bleiindustrie beschäftigten Arbeitern erkranken 20 bis 40 Prozent an chronischer Bleivergiftung. — Zunächst sind die Hüttenarbeiter gefährdet; die Erzscheider relativ wenig, weit mehr die beim Rösten und Schmelzen der Erze und beim Abtreiben des Werkbleis beschäftigten Arbeiter, da ein Teil des Bleis und Bleioxyds sich bei diesen Prozessen in Form von Dampf verflüchtigt. Die hohe Temperatur und die starke Anstrengung unterstützen das Siechtum dieser Kategorie von Arbeitern. — Die Hauptmassen der beim Verhütten entstehenden Dämpfe gelangen nach außen, Blei und Bleioxyd scheiden sich dann allmählich wieder aus und veranlassen eine gefährliche Ausbreitung bleihaltigen Staubes in der ganzen Umgebung der Hütte (Flugstaub, Hüttenrauch).

Die Verarbeiter des fertigen reinen Bleis, das zur Herstellung von Pfannen, Schrot, Bleirohr, Folie usw. verwandt wird, sind relativ wenig exponiert. In höherem Grade die Schriftgießer, namentlich beim Hobeln und Schleifen der aus einer Legierung von Blei, Antimon und Zinn bestehenden Lettern. Schriftsetzer sind ebenfalls durch die fortwährende Berührung der Lettern, namentlich aber durch den in den Setzkästen sich sammelnden bezw. auf dem Fußboden durch das Herumtreten auf herabgefallenen Lettern entstandenen bleihaltigen Staub gefährdet.

Legierungen des Bleis mit Zinn werden ferner verwendet zum Löten und Verzinnen, zu Folie, die zum Einwickeln von Käse, Tabak usw. dient, und zu Mundstücken von Flaschen; weite Kreise des Publikums werden durch den Bleigehalt dieser Gebrauchsgegenstände gefährdet. Besonders bedenklich ist die Benutzung von Schrot zum Flaschenspülen, da derselbe unter Zusatz von ca. 0,5 Prozent arseniger Säure zum geschmolzenen Blei hergestellt wird.

In sehr erheblichem Grade tritt die Gefahr der Bleivergiftung in denjenigen Gewerben hervor, in welchen Verbindungen und namentlich Oxydationsstufen des Bleis hergestellt und verarbeitet werden.

Bleioxyd entsteht bei der Verarbeitung des Bleis auf Silber; nachdem es gemahlen, geschlemmt und gebeutelt ist, stellt es ein feines gelbes Pulver dar, das als Massikot in den Handel kommt und zur Herstellung von Bleipflaster und in der Glaserei (zur Herstellung der Glasarten von höherem Lichtbrechungsvermögen) Verwendung findet. — Das bis zur Rotglut erhitzte Bleioxyd liefert die Mennige, die durch Pulverisation und Beuteln in feinste Staubform gebracht werden muß und dann zur Herstellung von Ölkitt dient. Die Arbeiter sind bei vielen der angeführten Manipulationen dem bleihaltigen Staub sehr exponiert.

Bleioxyd findet sich ferner häufig in der Glasur der Töpferwaren

und im Email der emallierten Eisenwaren. — Unter den Tonwaren unterscheidet man A) dichte, die so stark erhitzt sind, daß ihre Masse halb verglast ist, und die daher auch ohne Glasur undurchdringlich für Wasser sind. Dahin gehört 1. das echte Porzellan, an dünnen Stellen durchscheinend, mit stets bleifreier Glasur; 2. Steinzeug, nicht durchscheinend. Das feine weiße, porzellanähnliche enthält in der Glasur Bleioxyd und Borax. Das gemeine graubraune oder blaue Steinzeug, das z. B. zu Mineralwasserkruken, Steintöpfen usw. verarbeitet wird (Koblenzer Geschirr), enthält dagegen Kochsalzglasur, die stets bleifrei ist. Dieselbe wird so hergestellt, daß gegen Ende des Brennens ClNa eingeworfen wird; dasselbe wird durch die Kieselsäure des Tons und Wasser zersetzt, so daß sich HCl bildet, die entweicht (s. S. 462) und andererseits Natrium-Aluminiumsilikat, das die Glasur darstellt.

In eine zweite Abteilung B) gehören die porösen Tonwaren, bei denen die Masse nicht verglast ist, so daß sie ohne einen Glasüberzug Wasser durchlassen. Porös sind z. B. die Fayencewaren, mit meist blei- oder zinnhaltiger Glasur; ferner die gemeine Töpferware (gewöhnliches irdenes Kochgeschirr, Bunzlauer Geschirr). Hier ist die Glasur stets bleihaltig. Sie wird dadurch erzeugt, daß das Geschirr mit feingemahlenem PbS bestäubt wird; es entweicht dann SO_2 und das entstandene PbO bildet mit Kieselsäure und Tonerde ein Blei-Aluminiumsilikat. Dieses die Glasur liefernde Silikat hält sich gegenüber verdünnten Säuren unverändert und läßt in diese kein Blei übergehen. Ist aber das Brennen mangelhaft gewesen oder war ein Überschuß von PbS zugesetzt, so wird z. B. von Essig Bleioxyd gelöst.

Emaillierte Eisenwaren enthielten früher wohl bleihaltige Glasur, jetzt enthalten dieselben durchgehends nur Zinnoxyd mit Spuren von Blei. Bei stärkerem Bleigehalt wird Blei an Essig abgegeben.

Den hervorragendsten Prozentsatz von gewerblichen Bleivergiftungen liefern die Fabriken von Bleiweiß [basisches Bleikarbonat, $(PbCO_3)_2 + Pb(OH)_2$]. Beim Ausnehmen des durch Einwirkung von Essig- und Kohlensäure auf Bleiplatten hergestellten Bleiweißes aus der dazu dienenden Kammer atmen die Arbeiter große Mengen Bleiweißstaub ein und verunreinigen sich in hohem Grade Kleidung und Haut; ferner kommen beim Schlemmen des Präparates die Hände mit gelöstem Bleiacetat in Berührung. Beim Mahlen und Verpacken des trockenen Präparates wird wiederum massenhafter Staub aufgewirbelt.

Das fertige Bleiweiß wird hauptsächlich verwendet von Malern; es liefert mit Öl verrieben die beliebteste weiße Farbe; Lackierer benutzen es bei der Herstellung von Lackfarben, ferner wird es bei der Fabrikation von Abziehbildern, in Wachstuchfabriken, in Strohhutfabriken usw. gebraucht.

Die Schutzmaßregeln gegen die Gefahren der Bleivergiftung entstehen beim Verhüttungsprozeß vor allem in einer Abführung der Bleidämpfe in lange Kondensationskanäle bezw. Kammern, die schließlich in eine hohe Esse ausmünden. An den Wandungen der Kanäle setzt sich in großer Menge der sogenannte Flugstaub ab, der

später weiter verarbeitet wird. Durch derartige Einrichtungen läßt sich ein fast vollständiger Schutz der Hüttenarbeiter erzielen. — Das Ausnehmen des Flugstaubes darf nur nach vollständigem Erkalten der Kammern und eventuell unter Vorlegen von Respiratoren geschehen.

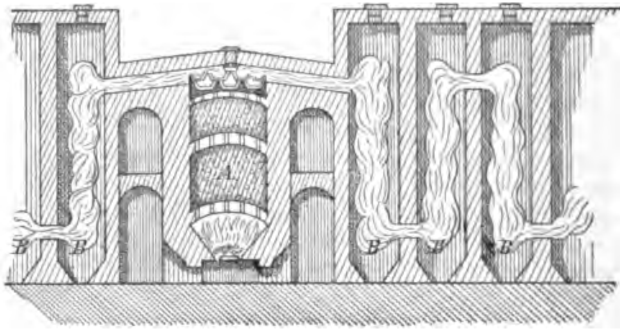


Fig. 109. Röstofen (*A*) mit Flugstaubkammern (*B*).

In der Bleiweißfabrikation ist zunächst das Ausnehmen des fertigen Bleiweißes und das Abtrennen desselben von dem noch unzersetzten Blei dadurch gefahrlos zu machen, daß die Kammern mit einem Exhaustor oder einem Wasserzerstäuber versehen werden. Oder die Arbeiter tragen Kopf und Hals umgreifende Respiratoren (s. oben);

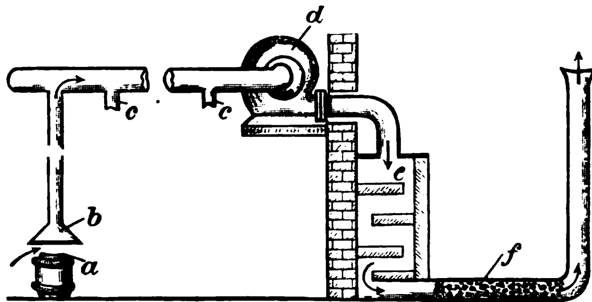


Fig. 110. Absaugung des Bleiweißstaubes.

beim Schlemmen erhalten die Arbeiter lange, kalblederne Däumlingshandschuhe und müssen die Hände mit Schmalz einreiben. — Das Pulverisieren des Bleiweißes (und der Mennige) kann in völlig geschlossenen sogenannten Desintegratoren geschehen. Das Stauben beim Einpacken kann dadurch unschädlich gemacht werden, daß über jeder Packstelle ein Exhaustor in Tätigkeit ist in der Weise, wie es schematisch in Fig. 110 dargestellt ist. Packraum (und Pulverisiermühle) sind durch die Saugröhren *c*, die mit trichterförmigen Ansätzen (*b*) ver-

sehen werden können, mit dem Exhaustor *d* verbunden. Dieser treibt die staubhaltige Luft in die Zisterne *e*, wo die Luft zu einem Zickzacklauf gezwungen wird, dann in ein mit Koksstücken gefülltes Eisenrohr *f* und von da ins Freie. — Auch das Anreiben des Bleiweißes mit Öl läßt sich in verschlossenen Gefäßen vornehmen.

In den übrigen Gewerben sind allgemeine Vorsichtsmaßregeln ausreichend (die übrigens auch in den Bleiweißfabriken trotz der vorbesprochenen Schutzvorkehrungen wohl zu beachten sind), und diese bestehen vor allem in peinlicher Sauberkeit. Namentlich sollen die Hände ohne gründliche Reinigung nicht mit dem Munde oder mit Speisen in Berührung gebracht werden. Letztere sollen auch der Luft der Arbeitsräume nicht ausgesetzt werden. Wascheinrichtungen und Bäder, sowie besondere Speiseräume sind daher unbedingt in jeder Fabrik vorzusehen. Ferner sind die Kleider häufig zu wechseln.

In manchen Bleiweißfabriken hat sich die regelmäßige Verabfolgung von Milch an die Arbeiter (3/4 Liter pro Kopf und Tag) als Prophylaktikum gut bewährt; auch Schwefelpillen sind von einigen empfohlen. In einer Fabrik sind gute Erfahrungen gemacht mit einem steten häufigen Wechsel der zu den gefährlichen Beschäftigungen benutzten Arbeiter, da erfahrungsgemäß nur eine länger dauernde Aufnahme von Blei Schaden zu bringen pflegt.

Gegen die Gefährdung des Publikums durch bleihaltige Gegenstände ist in Deutschland Schutz gewährt durch das Reichsgesetz von 1887. Dasselbe bestimmt: 1. Eß-, Trink- und Kochgeschirre, die aus Metalllegierungen hergestellt sind, dürfen nicht mehr wie 10 Prozent Blei enthalten. An der Innenseite müssen solche Geschirre verzinnt sein, und zwar darf das Zinn höchstens 1 Prozent Blei enthalten. Lötstellen an der Innenseite müssen mit einer Legierung von höchstens 10 Prozent Bleigehalt gelötet werden. Zu Bierdruckapparaten, zu Siphons für kohlensaures Wasser und zu Metallteilen an Kindersaugflaschen dürfen Legierungen von höchstens 1 Prozent Bleigehalt verwendet werden. — Die Metallfolien, welche zur Packung von Kau-, Schnupftabak und Käse dienen, dürfen höchstens 1 Prozent Blei enthalten. — Ferner darf für Saughütchen, Milchflaschen, Kinderspielzeug usw. kein bleihaltiger Kautschuk verwendet werden. Gummisachen, die mit Kindern in Berührung kommen, sollen aus weichem, schwarzem, auf Wasser schwimmendem Gummi bestehen, oder aus rotbraunem Kautschuk (mit unlöslichem Fünffach-Schwefelantimon gefärbt. Grauer Kautschuk enthält meist Zinkoxyd, das sich im Speichel lösen kann. 2. Email und Glasur von Eß- und Kochgeschirren darf beim halbstündigen Kochen mit 4 Prozent Essigsäure haltendem Essig

kein Blei an letzteren abgeben. — Die Einführung bleifreier Glasuren, z. B. aus Wasserglas und Calciumborat, stößt bei den gewöhnlichen Töpferwaren auf große Schwierigkeiten.

Soviel als möglich sollte übrigens dahin gestrebt werden, die Bleipräparate durch weniger schädliche zu ersetzen, z. B. das Bleiweiß durch Zinkweiß usw.

Zink. Die Zinkhüttenarbeiter leiden zuweilen an einer chronischen Form von Zinkvergiftung. Derselben kann durch Ableitung der Zinkdämpfe in Flugstaubkammern und Essen begegnet werden. Das als Farbe und Lack viel gebrauchte Zinkweiß ist zwar weit weniger bedenklich wie das Bleiweiß; doch ist immerhin beim Pulverisieren usw. Vorsicht und Anwendung von Exhaustoren geboten. — Eigentümliche Vergiftungserscheinungen mit Malaria-ähnlichen Symptomen (sogen. Gießfieber) kommt bei Gießern vor, die mit geschmolzenem Messing (Legierung von Zink und Kupfer) zu tun haben; jedoch ist die genauere Entstehungsursache noch nicht sicher erkannt.

Quecksilber. Die Grubenarbeiter sind wenig, die Hüttenarbeiter etwas mehr exponiert; vor allem aber kommen gewerbliche Quecksilbervergiftungen vor durch die Spiegelfabrikation, bei welcher das Quecksilber auf der Zinnfolie mittels Tupfbäuschchen andauernd verrieben werden muß. Es kommt hierbei zur Verunreinigung der Luft mit Quecksilberdampf, hauptsächlich aber verbreitet sich das Quecksilberamalgam durch Verschleudern als Staub im ganzen Raume. Die Vergiftung der Arbeiter scheint vorzugsweise durch Einatmung, nebenbei durch Verschlucken des Staubes und durch Berührungen zu erfolgen. — Außer bei der Spiegelfabrikation beobachtet man noch bei der Herstellung von Thermometern und Barometern, ferner bei Vergoldern und Bronzearbeitern Quecksilbervergiftungen. — Von Salzen des Quecksilbers ist das Merkuronitrat in der Hutmacherei, das Sublimat in Zeugdruckereien und in der medizinischen Praxis als Antiseptikum in Gebrauch. Die Vergiftungen mit diesen Präparaten sind jedoch bei einiger Vorsicht leicht zu vermeiden.

Als Schutzmaßregel in den Spiegelfabriken wird vor allem empfohlen, die Arbeiter nur kurze Zeit in den Belegräumen zu lassen und häufigen Wechsel des Personals einzuführen. Ferner ist auch hier, wie gegenüber der Bleivergiftung, Reinlichkeit, Kleiderwechsel usw. indiziert. Die Belegräume sind mit Fußböden aus Zement oder Asphalt zu versehen, ferner gut zu ventilieren und zu reinigen. Tragen von Respiratoren ist in einigen Fabriken gebräuchlich; in anderen wird als Prophylaktikum Milch verabreicht; auch Mundspülwasser (Galläpfeltinktur, Lösung von übermangansaurem Kali oder Jodkalium) werden vielfach benutzt. Ausgießen von Ammoniak in den Belegräumen bringt keinen wesentlichen Nutzen. — In den letzten Jahren wird der Quecksilberbelag der Spiegel allmählich durch den Silberbelag verdrängt und damit dem gewerblichen Merkurialismus am radikalsten entgegengearbeitet.

Phosphor. Der zur Zündholzfabrikation verwendete weiße Phosphor entwickelt in den Arbeitsräumen giftige Dämpfe, namentlich beim Bereiten der Zündmasse (Phosphor wird in siedende Gummilösung eingetragen, nach dem Erkalten werden unter Rühren oxydierende Substanzen und Färbemittel zugesetzt), sowie beim Eintauchen der Hölzer in die Zündmasse und beim Trocknen derselben. Teils durch die Einatmung der Dämpfe, teils durch Berührungen entsteht die sogenannte Phosphornekrose, eine langwierige Periostitis der Kiefer.

Die Vergiftung wird vermeidbar durch gründliche Ventilation der betreffenden Räume; an den exponiertesten Stellen müssen Exhaustoren angebracht werden. Ferner ist strenge Reinlichkeit und regelmäßige ärztliche Kontrolle der Arbeiter wünschenswert, bei welcher alle diejenigen, welche kariöse Zähne oder Wunden im Munde haben, auszuschließen sind. Besondere Mundspülwässer scheinen nichts zu nützen; dagegen will man in einzelnen Fabriken gute Erfolge beobachtet haben, wenn die Arbeiter Näpfchen mit Terpentin auf der Brust tragen resp. in den Arbeitsräumen solche Näpfchen aufgestellt sind; es soll dabei der Phosphor durch ozonisierten Sauerstoff oxydiert werden. In anderen Fabriken scheint sich das Aufstellen von Kupfersulfatlösung besser bewährt zu haben, aus welchem sich Phosphorkupfer neben metallischem Kupfer niederschlägt.

Jedenfalls sollte die Phosphorverarbeitung nur in Fabriken, nicht aber als Hausindustrie geduldet werden. Ferner ist zu wünschen, daß die mit giftigem Phosphor präparierten Zündhölzer möglichst durch solche verdrängt werden, die mit ungiftigen Substanzen hergestellt sind (z. B. mit chlorsaurem Kali, unterschwefligsaurem Blei und Gummi; oder wie die schwedischen Zündhölzer aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon als Zündmasse und braunem Phosphor und Schwefelantimon auf der Reibfläche).

Arsen. Bei der Verhüttung der Arsenerze sind die Arbeiter besonders gefährdet, welche das Ausnehmen der sublimierten und in den sogenannten Giftkammern wieder verdichteten arsenigen Säure bewirken; ferner diejenigen, welche das Verpacken der pulverförmigen arsenigen Säure besorgen. Hier kann akute Intoxikation drohen, und es ist daher die Arbeit in besonderen leinenen Anzügen, welche den Kopf einschließen und mit Glasfenstern versehen sind, zu verrichten; außerdem ist das Gegengift (Eisenoxydhydrat) stets vorrätig zu halten.

Chronischer, meist erst nach sehr langer Zeit manifest werdender Arsenvergiftung sind die Arbeiter ausgesetzt, welche mit der arsenigen Säure oder deren Verbindungen dauernd zu hantieren haben. Dieselbe wird z. B. gebraucht als Beizmittel für Felle, zum Ausstopfen von Tieren usw.; namentlich aber zu Kupferarsenfarben (Schweinfurter Grün usw.). Mit diesen Farben haben dann wieder Blumenmacherinnen, Arbeiter in Buntpapier- und Tapetenfabriken, in Zeugfärbereien usw. zu tun. Diese gewerblichen Vergiftungen sind durch peinliche Reinlichkeit und gute Ventilation zu vermeiden.

Chrom. Bei der chemischen Herstellung und bei der Verwendung der in der Färberei, Zeugdruckerei, Gerberei, Photographie usw. viel gebrauchten Präparate, namentlich des Kaliumbichromats, entsteht chromhaltiger Staub; außerdem kommen die Hände der Arbeiter viel mit den Chromsalzen oder deren Lösungen (Bäder für Gerbereiverfahren) in Berührung. Auf der Schleimhaut der Nase, namentlich aber auf wunder Haut entstehen dadurch hartnäckige Geschwüre; innere Erkrankungen (Durchfälle, Nierenerkrankungen) sind seltener. — Die Arbeiter müssen zu ähnlichen Vorsichtsmaßregeln angehalten werden wie die Arbeiter in Bleiweißfabriken.

9. Gefährdung der Arbeiter durch Kontagien.

Die Arbeiter sind der Aufnahme von Kontagien ausgesetzt teils durch die Berührung mit kranken Arbeitern sowie durch den Aufenthalt in infizierten Arbeitsräumen; teils haften Kontagien an den zu bearbeitenden Objekten.

Die erstgenannte Verbreitungsart gilt vor allem für die Tuberkulose. Sobald eine Anzahl von Phthisikern unter den im gleichen Raum Arbeitenden sich befinden, ist die Gefahr, daß Gesunde Tuberkelbazillen aufnehmen, außerordentlich groß, da die Erkrankten gewöhnlich beim Husten rücksichtslos Sputumtröpfchen ausstreuen, das Sputum auf den Fußboden oder ins Taschentuch entleeren und Reste des Sputums an die Kleidung wischen, so daß dasselbe leicht austrocknen und in flugfähigen Staub verwandelt werden kann. — Durch die in Kap. IX beschriebenen Vorsichtsmaßregeln kann zu einem wesentlichen Teile die Verbreitung gehindert werden.

Die übrigen beim Gewerbebetrieb übertragbaren kontagiösen Krankheiten treten gegenüber der Tuberkulose in den Hintergrund. Erwähnt sei nur noch Syphilis, die bei Glasbläsern zuweilen durch das Blasrohr verbreitet wird; ferner sind Typhusepidemien unter den Arbeitern einer Fabrik mehrfach beobachtet und entweder auf infiziertes Trinkwasser oder auf gemeinsam bezogene infizierte Nahrungsmittel oder Kontakte (Typhusträger!) zurückzuführen. Typhusinfektionen sind auch Grubenarbeiter ausgesetzt, die unter Tage das in den Stollen sich sammelnde und durch Harn oder Fäkalien leicht erkrankter Arbeiter nicht selten verunreinigte sog. „Seigewasser" zum Händewaschen oder auf Trinken benutzen. — Bei derartigen Bergarbeitern, ferner bei Ziegelarbeitern, die auf stagnierendes Wasser angewiesen waren, ist auch die durch Anchylostoma hervorgerufene Anämie beobachtet (vgl. S. 135).

Als kontagiöses Arbeitsmaterial kommt teils solches in Betracht, welches von erkrankten Menschen stammt, teils solches von mit Zoonosen behafteten Tieren, teils Material, welches mit einem Gemenge verschiedenster Bakterien verunreinigt ist.

Der Ansteckung durch menschliche Kontagien sind vor allem die Lumpensortiererinnen der Papierfabriken, die Lumpensammler und Trödler ausgesetzt. Ferner liegen die gleichen Gefahren vor für Arbeiter in Kunstwollfabriken und in Bettfederreinigungsanstalten. Letztere pflegen außerdem durchaus primitive Verfahren anzuwenden, mittels welcher keineswegs die Kontagien vernichtet werden. — Die Lumpen bedürfen entschieden einer strengeren sanitären Überwachung als bisher; vor ihrer Sortierung und weiteren Verarbeitung sollte ihre Desinfektion verlangt werden. Die Bettfederreinigungsanstalten müssen gleichfalls zur Anwendung von wirklich desinfizierend wirkenden Apparaten verpflichtet werden. — Durch ihr Gewerbe sind auch Ärzte, Krankenwärter, Hebammen usw. den verschiedensten Infektionen ausgesetzt und bedürfen fortwährend der Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln (s. im folgenden Kapitel).

Die Übertragung von Zoonosen erfolgt zuweilen auf Schlachter, Abdecker, Gerber, Leim- und Seifensieder, Wollarbeiter, Kürschner, ferner in Roßhaarspinnereien, Haar- und Borstenzurichtereien, Pinsel- und Bürstenmachereien. Hauptsächlich kommt Milzbrand, seltener Rotz in Frage. — Die in Abdeckereien erforderlichen Kautelen sind S. 416 bereits besprochen. Bezüglich der ausländischen Rohhäute und Tierhaare ist durch Reichsgesetz vom 28. I. 1899 und vom 22. X. 1902 Desinfektion vor der Verarbeitung vorgeschrieben; jedoch stößt die Durchführung dieser Maßregel wegen der Schwierigkeiten der Kontrolle und wegen der leicht resultierenden Schädigung des Materials auf Schwierigkeiten.

10. Unfälle.

Die Häufigkeit der Unfälle in den verschiedenen Berufszweigen ergibt sich aus folgender nach Material aus dem Deutschen Reich zusammengestellten Tabelle von Villaret:

Von 1000 der im Beruf Beschäftigten wurden im Alter unter 60 Jahren invalide:

Land- und Forstwirtschaft	3·5	Maschinen, Werkzeuge, Instrumente	5·6
Bergbau, Hütten- und Salinenwesen	23·7	Textilindustrie	5·1
Chemische Industrie	9·5	Holz- und Schnitzstoffe	4·7
Nahrungs- und Genußmittel	6·9	Baugewerbe	4·4
Metallverarbeitung	6·0	Papier und Leder	3·9
Bekleidung und Reinigung	6·0	Industrie der Steine und Erden	3·5

ferner aus folgender Zusammenstellung für Deutschland für das Jahr 1899:

	Unfälle auf je 1000 versicherte Personen:	Entschädigungspflichtige Unfälle:
In den gewerblichen Berufsgenossenschaften	44·9	7·4
In der Eisenbahnverwaltung	74·8	7·8
In den landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften	9·6	4·6

Der Bergbau liefert demnach weitaus die zahlreichsten Unfälle und diese erfordern eine gesonderte Besprechung. Außerdem mögen hier die Unfälle durch explosives Material und Unfälle durch Maschinenbetrieb flüchtig gestreift werden. Über Verbrennungen und Verletzungen des Auges s. S. 454. Genaueres hierüber sowie über andere gewerbliche Unfälle, wie Verletzungen durch Handwerkszeug (Zimmerleute), Überfahren usw. ist in den unten zitierten Schriften von Roth, Albrecht u. a. nachzusehen.

a) Unfälle in den Bergwerken.

Auf 1000 Bergbauarbeiter entfallen jährlich 2,5 tödlich Verunglückte. 40 Prozent dieser Verunglückungen erfolgen durch Hereinbrechen von Gesteins- und Kohlenmassen, 24 Prozent durch Sturz und Beschädigung beim Ein- und Ausfahren in den Schächten, 11 Prozent durch schlagende und böse Wetter.

Der erstgenannten Art von Unfällen ist durch sorgfältigen Abbau und Ausbau der Gruben vorzubeugen; und zwar ist dieser besser in Eisen oder in Mauerwerk als in Holz auszuführen; besondere Sorge ist auch für Absperrung der Wässer zu tragen.

Das Ein- und Ausfahren geschieht mit Leitern, Seilfahrten oder Fahrkünsten.

Erstere finden als anstrengend und gefährlich selten mehr Verwendung. Die Fahrkünste bestehen in zwei nebeneinander im Schacht hängenden und in bestimmten Abständen mit Bühnen versehenen Gestängen, welche durch Maschinenkraft intermittierend in entgegengesetzter Richtung um ein Gewisses auf- und niederbewegt werden. In der kurzen Ruhepause am Ende jedes Hubes befinden sich die beiderseitigen Bühnen in gleicher Höhe und der Fahrende muß alsdann von der einen Bühne zur anderen Seite übertreten. — Bei der Seilfahrt werden die zur Förderung der Kohlen dienenden Förderkörbe, die an Eisenteilen oder besser Gußstahlseilen bewegt werden, auch zur Einfahrt und Ausfahrt der Arbeiter benutzt.

Von 1000 Fahrenden verunglücken bei der Fahrkunst durchschnittlich jährlich 0,6, bei der Seilfahrt 0,1; letztere ist daher am meisten zu empfehlen. Dieselbe durch Fangvorrichtungen für den Fall eines plötzlichen Seilbruchs noch gefahrloser zu machen ist nicht gelungen; wichtiger ist die sorgfältige Behandlung und Kontrolle der Förderseile.

Die schlagenden und bösen Wetter sind durch richtige Wetterführungen und Ventilation der Gruben zu beseitigen. Zur Ventilation benutzt man Wetteröfen oder Maschinenventilatoren (s. S. 346). Die Entzündung trotzdem angesammelter Wetter wird durch die Davysche Sicherheitslampe vermieden, deren Kommunikationsöffnung mit der freien Luft durch feines Drahtnetz verschlossen ist. Da eine Entzündung der Wetter jetzt hauptsächlich beim Wiederanzünden erloschener Lampen erfolgt, so ist von C. Wolf ein Mechanismus an den mit Benzin gespeisten Lampen angebracht, der beim Spannen und Losdrücken einer Feder einen mit kleinen Knallpräparaten versehenen Papierstreifen in das Innere der Lampe vorschiebt, so daß die Benzindämpfe Feuer fangen und die Lampe sich wieder entzündet, ohne daß man sie zu öffnen braucht. — Um böse Wetter anzuzeigen, sind sogenannte Uhren oder Indikatoren konstruiert, die darauf beruhen, daß

in einem mit Tonplatten verschlossenen Gefäß in Methan-, Kohlenoxyd- oder Kohlensäure-haltiger Luft ein Überdruck entsteht, welcher dann eine Quecksilbersäule empordrückt und damit einen elektrischen Strom schließt. — Besser scheint sich die PIELERsche Wetterlampe zu bewähren. Dieselbe wird mit Spiritus gespeist und brennt farblos. Die Flammenhöhe wird in reiner Luft reguliert. Bei Grubengasgehalt zeigt sich ein Lichtkegel, der um so höher und breiter wird, je mehr Gas sich ansammelt. — Auch die obengenannten Benzinsicherheitslampen verhalten sich ähnlich. Bei geringem Gasgehalt der Luft verlängert sich die Flamme und wird spitzer; bei größerem Gehalt steigt die Flamme bis an den Deckel des Drahtkorbs, ist im oberen Teil rot gefärbt und rußt etwas; bei noch stärkerer Gasmischung entzündet sich diese innerhalb des Drahtnetzes und bildet eine Aureole, die noch fortbrennt, während die Lampenflamme erlischt.

b) Unfälle durch explosionsfähiges Material.

In Frage kommen Staubexplosionen und Explosionen in Sprengstofffabriken. (Über Gasexplosionen s. S. 369).

In der Luft verteilter Staub kann namentlich dann zu einer plötzlichen, explosionsartigen Verbrennung Anlaß geben, wenn die Staubteilchen Gelegenheit hatten, brennbare Gase auf sich zu kondensieren. Kohlenstaub in Kohlengruben wird daher sehr explosiv, ebenso Mehlstaub in mit Gasbeleuchtung versehenen Mühlen. Eine kräftige Ventilation ist die geeignetste Vorsichtsmaßregel.

In Pulver-, Patronen- und Zündhütchenfabriken sind alle Reibungen mit Metallteilen auszuschließen, ferner ist auf gründlichste Reinlichkeit und vollständige Beseitigung alles Pulverstaubes zu achten. Das Betreten der Räume ist nur mit Filzschuhen gestattet, die einzelnen Arbeitsstände sind durch Drahtgaze vollständig zu trennen. — In den Dynamitfabriken sucht man die einzelne Arbeitsstelle noch strenger und zwar durch hohe und starke Wälle von Erde oder Mauerwerk zu isolieren. Eine Verbindung zwischen den Arbeitsstellen findet nur durch tunnelartige Gänge statt.

In neuerer Zeit werden als Ersatz des Dynamits andere Sprengstoffe, z. B. Sekurit, Roburit u. a., empfohlen, die weniger Gefahr bieten; auch sind Sprengstoffe (Hellhofit) konstruiert, die aus zwei Komponenten bestehen, einem Nitroderivat und konzentrierter Salpetersäure, die jedes für sich nicht explosibel sind, sondern es erst im Moment des Zusammenbringens werden. Die Gefahr der zufälligen Explosion ist hier fast ganz ausgeschlossen.

c) Unfälle durch Maschinenbetrieb.

Von den zahlreichen, bei der Konstruktion und dem Betriebe der Dampfkessel und Dampfmaschinen erforderlichen Kautelen seien hier nur erwähnt zunächst die selbsttätigen Sicherheitsapparate an den

Kesseln. Dieselben zeigen namentlich ein zu niedriges Sinken des Wasserstandes durch Signale, z. B. Pfeifen, an.

Sie werden entweder so konstruiert, daß ein im Kessel befindlicher Schwimmer eine Stange und an deren Spitze eine Kugel trägt; letztere verschließt bei hinreichendem Wasserstand die Öffnung eines Dampfkanals, der zu der Pfeife führt; beim Sinken des Wasserstandes hört der Verschluß auf und das Signal ertönt. Oder ein mit Pfeife versehenes Rohr ist für gewöhnlich mit einem Pfropfen aus einer Legierung verschlossen, die im Wasser nicht, wohl aber in dem höher temperierten Dampf schmilzt. — Der ebenfalls wesentlich auf Legierung von bestimmtem Schmelzpunkt beruhende Schwarzkopfsche Apparat zeigt durch sichtbares und hörbares Signal 1. beginnenden Wassermangel, 2. beginnende Drucküberschreitung, 3. trockenes Anheizen eines Kessels, 4. abnorme Erhöhung der Wassertemperatur (Siedeverzug) an.

Was die Betriebseinrichtungen anlangt, so sind die Schwungräder einzufriedigen und stets mittels mechanischer Hilfsvorrichtungen, niemals mit der Hand anzudrehen. Wellen sind mit Schutzhülsen und Schutzringen zu umgeben, Riementransmissionen mit Schutzkasten zu verdecken. Die Transmissionen sind nie mit der Hand zu bedienen, vielmehr sind Riemenaufleger und Ausrückvorrichtungen zu benutzen. Die Arbeiter sollen sich stets einer möglichst eng anliegenden Kleidung (eventuell besonderer Arbeitsanzüge, z. B. des Schwanckschen Arbeiterschutzanzuges) bedienen.

Einige spezielle Sicherheitsvorrichtungen sind an landwirtschaftlichen Maschinen und an Kreissägen anzubringen. Von ersteren seien die Göpel genannt, deren Welle eingedeckt und deren Zahnräder und Triebwerke umkapselt sein müssen, ferner die Dreschmaschinen, welche früher vielfach Hand und Arm der mit dem Einlegen der Garben beschäftigten Arbeiter beschädigten und welche jetzt mit sogenannten Vorgelegen oder Einlegern versehen sind, so daß derartige Verletzungen vollständig ausgeschlossen sind. — Die Kreissägen führen zu Verletzungen dadurch, daß der Arbeiter mit der Hand gegen die Säge vorfällt oder dadurch, daß Holzstücke sich klemmen und von der rotierenden Scheibe mit großer Gewalt fortgeschleudert werden, oder endlich dadurch, daß die mit dem Forträumen der Späne beschäftigten Arbeiter dem unteren Teil der Säge zu nahe kommen. Letztere Gefahr kann durch Umkleidung des unter dem Tisch befindlichen Teils der Säge leicht vermieden werden. Um das Klemmen und Zurückschleudern des Holzes zu verhüten, wird an der hinteren Peripherie ein Spalt-

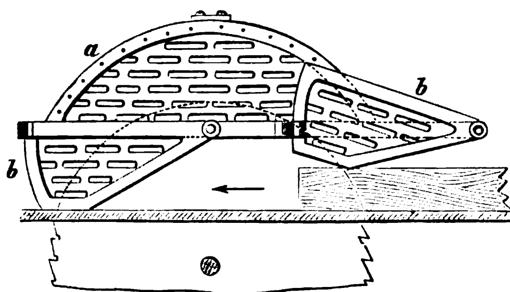


Fig. 111. Schutzvorrichtungen an Kreissägen.

keil angebracht, dessen vordere Kante bis zur Dicke des Sägeblattes zugeschärft ist. — Um die Hand des beschäftigten Arbeiters zu schützen, existieren Einrichtungen wie in Fig. 111; das Blatt der Säge ist im oberen Teil mit einem festliegenden Gehäuse (*a*) bedeckt; am vorderen und hinteren Ende befinden sich je zwei um einen Drehpunkt leicht bewegliche Schwerter (*b*), die den unteren Teil der Säge decken. Das vorgeschobene Brett hebt die Schwerter, so daß das Schneiden gar nicht gehindert wird; hat das Brett die Säge passiert, so fällt sofort das vordere Schwerterpaar herunter. Derartige Vorrichtungen verringern wohl die Gefahr, beseitigen dieselbe aber nicht ganz.

Viele der im vorstehenden geschilderten Gefahren für die Gesundheit der Arbeiter erscheinen noch weit bedenklicher, wenn es sich um jugendliche oder weibliche Arbeiter handelt.

Da das Wachstum und die Entwickelung des Körpers erst mit dem 18. Jahre abgeschlossen ist, und da zwischen dem 12. und 16. Jahre sogar eine sehr erhebliche Änderung des Körpers sich vollzieht, welche vorsichtige Regulierung der Ernährung, der körperlichen Bewegung, des Schlafs usw. verlangt, so ist eine gewerbliche Tätigkeit während dieser Zeit nur mit starken Einschränkungen zulässig. Enge, schlecht ventilierte Arbeitsräume, ungünstige Körperhaltung, Staubinhalation und Gifte äußern in diesem Alter wesentlich schlimmere Wirkungen als gegenüber dem ausgewachsenen Organismus. — Ebenso ist die Frau ihrer Konstitution nach zu den gewerblichen Arbeiten weniger geeignet; insbesondere entstehen leichter tiefe Ernährungsstörungen und die Beckenorgane werden durch sitzende Beschäftigung und durch Anstrengung krankhaft affiziert, vollends wenn Schwangerschaft und Wochenbett interkurrieren und dabei keine genügend langen Arbeitspausen eingehalten werden. Es kommt hinzu, daß die verheirateten Frauen, welche Fabrikarbeit betreiben, ihr Hauswesen nicht in Ordnung halten und ihren Kindern nicht die erforderliche Sorgfalt angedeihen lassen können.

Dementsprechend haben bereits die Regierungen fast aller europäischer Staaten Verordnungen erlassen, durch welche die Frauen- und Kinderarbeit beschränkt wird, die aber noch nicht als ausreichend angesehen werden können.

In Deutschland schreibt die Reichsgewerbeordnung (1. Juli 1883 und 1. Juli 1891) vor, daß die Unternehmer bei der Beschäftigung von Arbeitern unter 18 Jahren, die durch das Alter derselben gebotene besondere Rücksicht nehmen und daß sie denselben die erforderliche Zeit zum Besuch der Fortbildungsschulen gewähren. Kinder unter 13 Jahren dürfen in den Fabriken nicht beschäftigt werden. Die Beschäftigung der Kinder unter 14 Jahren darf die Dauer von 6 Stunden täglich nicht überschreiten. Kinder, welche zum Besuch der Volksschule verpflichtet sind, dürfen in den Fabriken nur dann beschäftigt werden, wenn sie in der Schule einen regelmäßigen Unterricht von wenigstens 3 Stunden täglich genießen. Junge Leute zwischen 14 und 17 Jahren

dürfen in den Fabriken nicht länger als 10 Stunden täglich beschäftigt werden. Die Arbeitsstunden der jugendlichen Arbeiter dürfen nicht vor 5½ Uhr morgens beginnen und nicht über 8½ Uhr abends dauern. Zwischen den Arbeitsstunden müssen an jedem Arbeitstage regelmäßige Pausen gewährt werden. Die Pausen müssen für Kinder eine halbe Stunde, für junge Leute zwischen 14 und 16 Jahren mittags eine Stunde, sowie vormittags und nachmittags je eine halbe Stunde mindestens betragen. — Wöchnerinnen dürfen während 3 Wochen nach ihrer Niederkunft nicht beschäftigt werden.

B. Belästigung und Schädigung der Anwohner durch Gewerbebetriebe.

Gewerbliche Anlagen können die Nachbarschaft mit Explosions- und Feuersgefahr bedrohen. Durch gesetzliche Bestimmungen pflegt dieser Gefahr hinlänglich vorgebeugt zu werden. Ferner beeinflussen manche industrielle Anlagen (Hammerwerke, Kesselschmieden) die Nachbarschaft durch starken Lärm.

Die bestehenden Verordnungen gewähren gegen solche Etablissements wenig Schutz, da die Geräusche lediglich als belästigend anerkannt werden und die Anlage nur verboten wird, wenn öffentliche Gebäude sich in der Nähe befinden. Indes werden auch durch diese Geräusche zweifellos hygienische Interessen berührt. Es werden durch dieselben die Anwohner auf weite Entfernungen gezwungen, die Fenster geschlossen zu halten und somit auf jede ausgiebige Zufuhr frischer Luft während der wärmeren Jahreszeit zu verzichten. Außerdem werden Kranke und Rekonvaleszenten, die auch unter Tages der Ruhe und des Schlafes bedürfen, geschädigt; und die geistig arbeitenden Umwohner werden in der Ausübung ihrer Berufstätigkeit und ihres Erwerbes behindert. Es ist daher entschieden zu wünschen, daß den genannten Etablissements so viel als möglich Beschränkungen auferlegt werden, welche das Geräusch dämpfen, ohne doch den Betrieb zu beeinträchtigen, z. B. die Bestimmung, lärmende Arbeiten nur innerhalb geschlossener Räume vorzunehmen.

Von großer Bedeutung ist die Verunreinigung von Luft und Wasser durch gewerbliche Anlagen.

1. Die Luft wird durch die Mehrzahl der Gewerbebetriebe mit großen Mengen von Rauch und Ruß verunreinigt. Durch gut konstruierte Schornsteine, Einführung der Rauchverbrennung, die allerdings immer nur teilweise zum Ziele führt, namentlich aber durch sorgfältigen, von geschulten Heizern geleiteten Betrieb (s. S. 319) läßt sich dieser Übelstand sehr einschränken. — Unrichtig ist es, übermäßigen Rauch nur als belästigend, nicht aber als gesundheitsnachteilig anzusehen. Einmal sind die eingeatmeten Kohleteilchen nicht völlig indifferent für den Organismus (vergl. S. 93). Sodann wird in den Häusern, welche direkt von der Rauchsäule getroffen werden, ein Öffnen der

Fenster völlig verhindert und selbst bei geschlossenen Fenstern die Atmung beeinträchtigt. Außerdem wirkt die oft große Menge schwefliger Säure, die im Rauch enthalten ist, nachteilig auf die Vegetation und die Umwohner.

Besondere gasförmige Verunreinigungen entstehen bei folgenden Gewerben (abgesehen von den S. 461 genannten, giftige Gase produzierenden Anlagen):

Hüttenwerke liefern große Mengen schweflige Säure, die durch das Rösten der schwefelhaltigen Blei-, Zink- und Kupfererze gebildet wird. Die Vegetation wird durch solchen Hüttenrauch auf weite Entfernung geschädigt. — Häufig benutzt man jetzt den Hüttenrauch zur Herstellung von Schwefelsäure, eventuell nach vorausgegangener Konzentration durch Absorption der Röstgase mittels angefeuchteten Zinkoxyds, Wasser usw.; wo das nicht durchführbar ist, muß der Hüttenrauch durch Flugstaubkammern (S. 466) und Ventilationstürme unschädlich gemacht werden. — Ferner liefern Ultramarinfabriken, Alaunfabriken und auch Hopfenschwefeldarren auf große Entfernung hin beträchtliche Mengen von schwefliger Säure.

Knochendarren und Knochenkochereien, ebenso Knochenbrennereien entwickeln auf sehr weite Entfernung üble Gerüche. Darmsaitenfabriken liefern Fäulnisgase, wenn das Material längere Zeit aufbewahrt wird und in Fäulnis gerät. In Leimsiedereien entstehen beim Kochen des Leims, sowie durch das Lagern der Rohmaterialien (Lederabfälle, Flechsen, Knochen) sehr üble Gerüche. In allen vorgenannten Gewerben ist eine vollständige Beseitigung der üblen Gerüche nicht zu erzielen, und dieselben sind daher in der Nähe von Wohnungen nicht zu dulden. Ähnliches gilt von Wachstuch- und Dachpappenfabriken, in welchen beim Aufstreichen der Firnisse resp. Tränken in Teer und namentlich beim nachfolgenden Trocknen intensive üble Gerüche unvermeidlich sind.

2. Verunreinigung des Grundwassers und der Flußläufe erfolgt durch viele gewerbliche Abwässer. Dieselben enthalten teils mineralische Gifte, teils große Mengen organischer fäulnisfähiger Stoffe, teils Kontagien.

Mineralische Gifte finden sich z. B. in den Abwässern von Zinkblende- und Schwefelkiesgruben (Zinksulfat, Schwefelsäure), von Drahtziehereien (Schwefelsäure, Eisensulfat, Kalk), von Sodafabriken (Kalk, Arsen, Schwefelwasserstoff, Calciumsulfid, Natriumsulfid), der Kaliindustrie (namentlich Chlormagnesium), von Chlorkalkfabriken (Salzsäure, Arsen), von Schnellbleichen (Chlorkalk), von Färbereien (Kupfer-, Blei-, Antimon-, Arsenverbindungen), von Gerbereien (Kalk-, Arsenverbindungen).

Große Mengen organischer, fäulnisfähiger Stoffe liefern in ihren Abwässern die Stärkefabriken (1—4 g organische Stoffe in 1 Liter), Leimsiedereien (ca. 2 g o. St. in 1 Liter), Bierbrauereien (1 g o. St. in 1 Liter), Zuckerfabriken (2 – 3 g feste Bestandteile, 0·3 g o. St. in 1 Liter), Papierfabriken (1—4 g o. St.), Sulfit-Zellulosefabriken (außerordentlich große Mengen o. St., außerdem Kaliumsulfit), Wollwäschereien (bis 30 g o. St.), Tuchfabriken und Färbereien (oft intensive Färbung des aufnehmenden Wassers), Gerbereien, Schlachthäuser.

Kontagien können enthalten sein in den Abwässern der Zubereitungsanstalten für Tierhaare, der Schlachtereien und Gerbereien.

Schwere Gesundheitsschädigung der Anwohner kann namentlich von mineralischen Giften ausgehen. Arsenhaltige Abwässer bezw. feste Abfälle der Anilinfarbenfabriken und der Gerbereien (falls hier Arsenverbindungen zum Enthaaren benutzt werden), haben mehrfach zu chronischer Arsenvergiftung der Umwohner mit zum Teil tödlichem Ausgang geführt. Die Verbreitung kann dabei nicht nur durch Bäche und Flüsse erfolgen, sondern bei grobporiger Beschaffenheit der wasserführenden Bodenschichten auch durch das Grundwasser und die in dieses eingebauten Brunnen.

Am sinnfälligsten ist die Verunreinigung der Bäche und Flüsse durch schlammbildende, färbende und fäulnisfähige Stoffe. Wie bereits oben (S. 395) betont wurde, kommen die extremsten Grade von Flußverunreinigung nicht sowohl durch städtische Abwässer, als vielmehr durch Industrieabwässer zustande. Verpestender Geruch geht von solchen Flüssen auf weite Entfernungen aus und belästigt die in der Nähe angesiedelten Menschen; der Lauf des Wassers wird durch die Schlammablagerung und die Verpilzung der Oberfläche immer mehr gehemmt; jede Benutzung des Wassers ist durch seine Trübung, seine Farbe und seinen Gestank unmöglich geworden; die Fischzucht muß völlig aufhören.

Eine Reinigung der Industrieabwässer vor dem Einlauf in die Flüsse ist daher fast stets erforderlich. Die schwierige Frage ist nur, bis zu welchem Grade eine solche Reinigung verlangt werden soll. Die Industrie kann der Flüsse als natürlicher Rezipienten ihrer Abwässer nicht entbehren, und vollständige Reinigung der letzteren ist gewöhnlich nur mit einem Kostenaufwand zu leisten, den die Industrie nicht tragen kann.

Nach der geltenden Rechtsprechung kann auch der Unterlieger nicht ein völliges Reinhalten des Flußlaufs seitens der Oberlieger verlangen. Es wird vielmehr nur der Grundsatz festgehalten, daß die in einen Fluß geleiteten Abwässer „nicht über das Gemeinübliche hinaus“ verunreinigt sein dürfen. Summieren sich im Lauf eines Flusses zahlreiche vorschriftsmäßig gereinigte Fabrikabwässer, so kann doch die Verunreinigung des Flußwassers so hochgradig werden, daß dasselbe für mancherlei Zwecke nicht mehr verwendbar ist; ein Einspruch des Unterliegers ist dann aber nicht statthaft.

Wann sind nun Abwässer einer Fabrik noch als rite gereinigt anzusehen, wann als über das Gemeinübliche verunreinigt?

Unbedingt sollen alle suspendierten, verschlammenden Teile der Abwässer vollkommen beseitigt sein, so daß die Abwässer an der Einlaufstelle klar und durchsichtig erscheinen. Dies ist durch die oben beschriebenen mechanischen und chemischen Klärmethoden relativ leicht

zu erreichen. Hintereinander angebrachte Klärteiche und Klärgruben mit Zusätzen von Kalk, Tonerde oder Eisensalzen pflegen das Erforderliche zu leisten. Die Verfahren von Müller-Nahnsen (s. S. 407), Liesenberg (Zusatz von Natriumferrit, Natriumaluminat und Kalk), Hulva (Zusatz von Eisen- und Tonerdesalzen, Kalk, Magnesia und Zellfaser), und viele andere sind in zahlreichen Betrieben eingeführt und haben gegenüber den industriellen Abwässern leichteren Erfolg wie gegenüber den sehr variabeln städtischen Abwässern.

In vielen Fällen genügt aber die Klärung der Abwässer allein nicht. Gelangen sie in kleine und langsam fließende Wasserläufe, so zeigt sich in diesen oft dennoch stinkende Fäulnis und eine solche Verpilzung des Wassers, daß dadurch eine Hemmung des Abflusses und Ablagerung von faulenden festen Massen entstehen kann.

An der Verpilzung beteiligt sind gewisse Fadenpilze, die durch mikroskopische Untersuchung unterschieden werden können. In reinem Wasser (auch

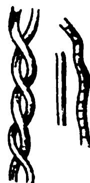


Fig. 112. Leptothrix nach Mez. 750 : 1.



Fig. 113. Kleine Rasen von Crenothrix polyspora nach F. Cohn. 350 : 1.

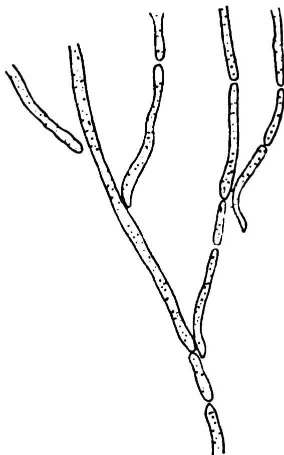


Fig. 114. Cladothrix dichotoma, 500 : 1.

Trinkwasser, Leitungsröhren) kommen vor Leptothrix, Crenothrix; in Wasser und in gestandenem (nicht frischem) Abwasser Cladothrix; in mäßig verunreinigtem Abwasser Leptomitus lacteus; bei stärkerer Verunreinigung Beggiatoa alba und Sphaerotilus natans.

1. Leptothrix. 1—2 μ dicke Fäden mit zarten Scheiden. Häufig ist eine auf Wasserpflanzen parasitierende Art; eine andere mit Ockereinlagerung in die Scheiden (Fig. 112).

2. Crenothrix. Fäden 2—7 μ dick, an festem Substrat haftend. Der Inhalt der Fäden teilt sich innerhalb der umgebenden Scheide in kurze Querstücke, und diese zerfallen in kleinere runde Segmente; aus solchen kugligen Elementen können neue Fäden hervorwachsen. — Häufig in Brunnen und Wasserleitungsröhren, wenn das Wasser eisen- oder manganhaltig ist. (Fig. 113. Vgl. S. 132.)

3. Cladothrix. Fäden bis 2 μ dick, charakterisiert durch falsche Astbildung; zwei in ihrem Verband gelockerte Fadenteile wachsen jeder für sich weiter. (Fig. 114.)

4. Leptomitus lacteus; ein zu den Oomycetes gehöriger Pilz. Dem vorigen makroskopisch ähnlich. Weiße bis rötliche und schwarzgraue Rasen

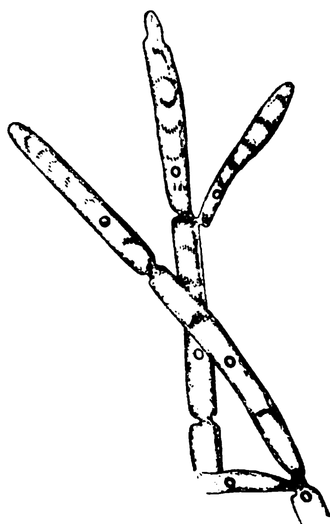


Fig. 115. Leptomitus lacteus nach Mez. 150 : 1.

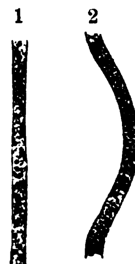


Fig. 116. Beggiatoa alba nach Winogradsky. 600 : 1. 1. Mit Schwefelkörnern, 2. Faden, der seinen Schwefelinhalt verbraucht hat, mit deutlichen Scheidewänden.

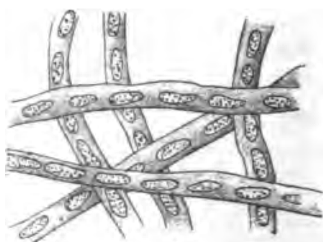


Fig. 117. Sphaerotilus natans nach Mez. 1000 : 1.

oder Häute. Entwickelt sich ausschließlich im Winter. Fäden viel dicker wie bei Sphaerotilus, bis 45 μ, mit Einschnürungen und scheibenförmigen, stark lichtbrechenden Cellulinkörnern. (Fig. 115.)

5. Beggiatoa alba (s. Fig. 116). Feiner, kurzfasriger, weißlichgrauer Belag, der vorzugsweise den schlammigen Boden überzieht; in wenig bewegtem Wasser, Klärteichen; erzeugt Schwefelwasserstoff. Meist gleichzeitig intensive stinkende Fäulnis, Trübung des Wassers durch schwarzen Schlamm, der Schwefeleisen enthält.

6. Sphaerotilus natans (Fig. 117). Weißgelbliche oder graue schleimige Massen, in starkfließendem Wasser am reichlichsten. Bedarf starker Sauerstoffzufuhr, wuchert vorzugsweise im Winter; im Sommer nur an Wehren, Mühlrädern usw. Die Pilzrasen entwickeln einen widerlich süßen Geruch. Verhältnismäßig zarte, 2—3 μ dicke lange Fäden aus kurzen, in farblose Scheiden eingeschlossenen Zellen bestehend.

Um auch die löslichen Bestandteile der Abwässer so weit zu vermindern, daß keine sinnfällige Fäulnis und keine Verpilzung des Wasserlaufs mehr eintreten kann, müssen die oben aufgeführten Mittel: Berieselung, Bodenfiltration, Oxydationsverfahren zur Anwendung kommen. In vielen Betrieben ist damit in der Tat ausreichende Wirkung erzielt. Der Bodeneinfluß versagt aber oft, z. B. bei den Zuckerfabriken, die gerade während des Winters in Betrieb sind.

Hier scheint das dem DIBDINschen Verfahren teilweise ähnliche Verfahren von PROSKOWETZ Gutes zu leisten. Es besteht darin, daß zunächst eine Kalkfällung erfolgt, daß dann die Abwässer ein „hoch drainiertes" Rieselfeld darauf ein „tief drainiertes" Rieselfeld passieren und nun in einen Sammelbrunnen gelangen; bei diesen Prozeduren findet eine Spaltung der fäulnisfähigen organischen Stoffe durch intensive Fäulnis statt. Zum Schluß folgt nochmaliger Kalkzusatz und mechanische Klärung, durch welche die restierenden organischen Stoffe fast gänzlich ausgefällt werden.

Trotz guter Beseitigung auch der gelösten Abwässerstoffe läßt sich manchmal eine gewisse Verpilzung des Wasserlaufs doch nicht hintanhalten. Es handelt sich dann aber gewöhnlich nur um eine Wucherung von Leptomitus lacteus; während Sphaerotilus und Beggiatoa sich in erheblich stärker verunreinigtem Wasser entwickeln. Ausgedehnte Wucherung der beiden letztgenannten Pilze, sinnfällige Fäulnis und Trübung dürfen daher als die wesentlichsten Merkmale einer ungenügenden Abwässerreinigung angesehen werden.

Zur Errichtung von gewerblichen Anlagen, welche für die Umwohner erhebliche Belästigungen oder Gefahren herbeiführen können, ist vorherige Konzession durch die zuständigen Behörden erforderlich. Zu diesen Anlagen gehören z. B. Gasanstalten, Kalk-, Ziegel-, Gipsöfen, Erzröstöfen, Metallgießereien, Hammerwerke, Schnellbleichen, Darmsaiten-, Dachpappenfabriken, Leim- und Seifensiedereien, Knochendarren, Gerbereien, Abdeckereien u. a. m. (s. Gewerbeordnung für das Deutsche Reich § 16).

Außerdem ist eine fortlaufende Kontrolle aller zum Schutz der Umwohner und zur Sicherung der Arbeiter in den Gewerbebetrieben getroffenen Einrichtungen erforderlich. Diese Kontrolle liegt in der Hand der Fabrikinspektoren, die ihr Augenmerk auf die Sicherheit des Betriebes für die Arbeiter zu richten, die Anbringung von fehlenden Schutzvorrichtungen anzuraten, die Übereinstimmung der ganzen Einrichtung und des Betriebes einer Fabrik mit der erteilten Konzession zu prüfen und zu kontrollieren haben; sie müssen ferner die eventuelle Belästigung der Umgebung der Fabrik durch den Betrieb feststellen

und vorkommendenfalls die Maßregeln zur Beseitigung treffen oder doch einleiten; sie haben endlich die Aufgabe, die Beschäftigung der jugendlichen Arbeiter und Frauen zu überwachen.

Literatur: Roth, Bluhm, Krapt u. a., Gewerbehygiene, in Weyls Handb. der Hygiene, 1894—96. — Heinzerling, Die Gefahren und Krankheiten in der chemischen Industrie, 1886. — Pütsch, Die Sicherung der Arbeiter, 1880. — Kraft, Fabrikhygiene, 1891. — Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, Berlin 1896. — Sommerfeld, Handb. der Gewerbekrankheiten, Berlin 1898. — König, Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Aufl. 1899. — S. ferner die „Berichte“ der Fabrikinspektoren, die „Schriften der Zentralstelle für Arbeiterwohlfahrtseinrichtungen“ und die „Amtlichen Nachrichten des Reichsversicherungsamtes“.

Neuntes Kapitel.

Die parasitären Krankheiten.

Die Ätiologie, die Verbreitungsweise und die Bekämpfung der parasitären Krankheiten haben bereits in mehreren der vorhergehenden Kapitel Berücksichtigung finden müssen, da die hygienische Bedeutung des Bodens, des Wassers, vieler Nahrungsmittel, der Abfallstoffe usw. vorzugsweise auf der gelegentlichen Verbreitung von Parasiten durch diese Substrate beruht. Die zerstreuten Details sind jedoch nicht geeignet, für den wichtigsten Teil der Lehre von den Krankheitsursachen ausreichendes Verständnis zu erzielen; und es erübrigt daher an dieser Stelle, eine zusammenhängende Darstellung der Verbreitungsweise und der Verhütung der übertragbaren, gelegentlich zu Epidemien oder Endemien anschwellenden Krankheiten zu geben.

Zu den parasitären Krankheiten (mit einem weniger bezeichnenden Ausdruck „Infektionskrankheiten“ genannt) rechnen wir diejenigen Krankheiten, welche durch einen von außen in den Körper des Kranken gelangenden und sich dort vermehrenden, mithin organisierten Krankheitserreger verursacht werden; gewöhnlich jedoch mit der aus praktischen Gründen gebotenen Einschränkung, daß die durch größere tierische Parasiten (Finnen, Trichinen, Krätzmilben usw.) veranlaßten Krankheiten als sogenannte „Invasionskrankheiten“ abgezweigt werden.

Die somit hier ausschließlich zu besprechenden Mikroparasiten gehören teils zu den Schimmelpilzen, teils zu den Streptothricheen,

teils zu den Sproßpilzen, teils zu den Spaltpilzen und teils zu den Protozoen.

Es wird erforderlich sein, zunächst die allgemeine Morphologie und Biologie dieser Gruppen von Mikroorganismen und die allgemeine Verbreitungsweise und Bekämpfung der parasitären Krankheiten kurz zu besprechen, und darauf in einem speziellen Teil das Wissenswerteste über die einzelnen übertragbaren Krankheiten zusammenzustellen.

I. Allgemeiner Teil.

A. Allgemeine Morphologie und Biologie der Mikroorganismen.

Unter „Mikroorganismen" begreifen wir zahlreiche kleinste Lebewesen, welche zu den niedersten Pflanzen und Tieren gehören. Die Mehrzahl derselben zeigt nur 1 μ Leibesdurchmesser oder weniger. Sie sind meist ausgezeichnet durch eine enorme Vermehrungsfähigkeit und durch eine besondere Breite der Existenzbedingungen. Es gibt Arten von Mikroorganismen, welche bei 0° wachsen, andere, welche bei 30°, wieder andere, welche bei 50° am besten gedeihen; einige Arten wuchern am üppigsten bei alkalischer Reaktion des Nährbodens, andere bei saurer Reaktion. Auch die Art der Nährstoffe ist im allgemeinen weniger beschränkt als bei höheren Lebewesen. Während Tiere im allgemeinen komplizierte organische Stoffe aufnehmen müssen und diese in ihrem Körper zerstören, und während die chlorophyllführende Pflanze auf relativ einfache organische Verbindungen (Ammoniak, Kohlensäure, Wasser) angewiesen ist, können viele Mikroorganismen sowohl von einfachen Verbindungen als auch von komplizierten Nährsubstanzen leben. Im ganzen ziehen sie freilich die letzteren vor, und einige Arten vermögen sogar nur hochkonstituierte Nährstoffen zu assimilieren.

Die Mikroorganismen spielen eine wichtige Rolle im Haushalt der Natur, indem sie fortlaufend große Massen absterbender vegetabilischer und animalischer Substanz zerstören und die darin enthaltenen Stoffe in jene einfachen Verbindungen überführen, mit welchen die Chlorophyll führenden Pflanzen ihren Aufbau leisten können.

Für die Hygiene haben die Mikroorganismen besonderes Interesse erstens dadurch, daß sie Gärung und Fäulnis erregen, d. h. daß sie unter Gasentwickelung in kürzester Zeit sehr bedeutende Mengen organischen Materials zu zerlegen vermögen. Diese Gärungen sind uns teils nützlich, indem sie uns z. B. bei der Präparation mancher Nahrungsmittel unterstützen (Brot, Käse, Kefyr, Bier, Wein). Teils

treten sie uns schädigend gegenüber, indem sie viele Nahrungsmittel rasch in einen ungenießbaren Zustand überführen; indem ferner in faulenden Gemengen giftige Stoffe und stinkende Gase entstehen, welche die Gesundheit beeinträchtigen können.

Zweitens kommt vielen Mikroorganismen die Fähigkeit zu, den Kreis der für ihre Existenz geeigneten Bedingungen noch mehr auszudehnen; sie können nämlich in lebenden höheren Organismen, hauptsächlich Tieren, seltener Pflanzen, eine parasitäre Existenz führen. Sehr häufig bringen sie dabei ihren Wirten Krankheit und Tod. Solche Mikroparasiten sind die ursächlichen Erreger vieler beim Menschen und bei höheren Tieren auftretenden Krankheiten, z. B. des Milzbrands, des Abdominaltyphus, der Cholera, der Tuberkulose, der Pest, der verschiedenen Wund-Infektionskrankheiten u. a. m.

a) *Die Faden-(Schimmel-)pilze.*

Zellen relativ groß, meist 2—10 μ im Durchmesser; bestehen aus zelluloseähnlicher Hülle und anscheinend kernlosem Protoplasma. Sie wachsen durch Verlängerung an der Spitze zu Fäden oder Hyphen aus. Letztere sind meist gegliedert und häufig verzweigt durch Teilung der Endzelle. Die auf dem Nährsubstrat wuchernden Fäden, welche von dort die Nahrung aufnehmen, bezeichnet man als Mycelium. Vor diesem erheben sich aufwärts die Fruchthyphen, welche an ihrer Spitze die Sporen tragen, d. h. rundliche oder längliche, meist mit derber Membran versehene Zellen, ausgezeichnet dadurch, daß sie nach ihrer Abtrennung von den Fruchthyphen auf jedem guten Nährsubstrat zu einem Keimschlauch und demnächst wieder zu einem neuen Mycel auswachsen können. Die Sporen dienen daher zur Fortpflanzung und zur Erhaltung der Art; sie können in trockenem Zustand lange aufbewahrt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. — Unter gewissen Umständen bilden die Sporen (Konidien) durch Sprossung neue Konidien, die erst bei Änderung der Verhältnisse zu Mycelfäden auskeimen.

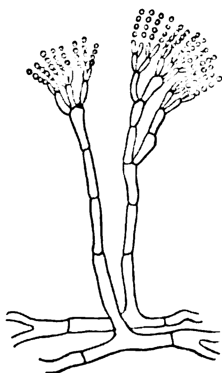
Die Sporen bilden sich dadurch, daß sie aus der an der Spitze der Hyphe befindlichen Endzelle durch querwandige Teilung sich abschnüren (= Konidien); oder die Endzelle vergrößert sich zum sog. Sporangium oder Ascus, in dessen Innerem durch Teilung des Plasmas die Sporen entstehen. Bei vielen Arten findet sich neben der ungeschlechtlichen eine geschlechtliche Fruktifikation (Oosporen, Zygosporen). — Außer Sporen kommt vielfach eine andere Dauerform vor, dadurch daß die Mycelfäden in kurze Glieder zerfallen, (Oïdienbildung); oder dadurch, daß sich alternierend ein Glied des

Mycelfadens verdickt, während das nächste leer wird (Gemmen- oder Chlamydosporenbildung).

Man begegnet den Schimmelpilzen auf allen möglichen toten Substraten, sie sind im ganzen in bezug auf ihren Nährbedarf sehr wenig wählerisch. Im Gegensatz zu den Spaltpilzen können sie auch auf relativ wasserarmem Substrat und bei saurer Reaktion des Nährbodens gut gedeihen. Will man daher bei künstlichen Kulturen von Schimmelpilzen die rasch wachsenden Spaltpilze fernhalten, so setzt man dem Nährsubstrat zweckmäßig 2—5 Prozent Weinsäure zu. Gekochte Kartoffeln, Brotbrei oder Gelatine- resp. Agargemische, in solcher Weise angesäuert, sind am geeignetsten zur künstlichen Züchtung. Die Sporenbildung vollzieht sich nur an freier Luft; unter Wasser entwickelt sich höchstens steriles Mycel. — Sehr abhängig zeigen sich die Schimmelpilze von der Außentemperatur. Das Optimum liegt für die einen Arten bei + 15°, für andere Arten bei + 40°; je nach der Temperatur gedeiht daher bald diese bald jene Art auf demselben Substrat. Viele kommen parasitisch auf Pflanzen und niederen Tieren vor, so die Brandpilze des Getreides, der Pilz der Kartoffelkrankheit, der Mutterkornpilz, die Rostpilze; die Empusa der Stubenfliegen, der Muskardinepilz der Seidenraupen usw.

Der Einteilung der Fadenpilze wird jetzt allgemein das Brefeldsche System zugrunde gelegt. Nach Brefeld stehen auf der untersten Stufe die algenähnlichen Pilze, bei denen vorzugsweise geschlechtliche Fruktifikation vorkommt; die höheren Stufen umfassen die Pilze, welche nur in Sporangien und Konidien, schließlich nur in Konidien (Basidien) fruktifizieren.

Von der großen Menge bekannter Familien seien hier nur einige angeführt, welche entweder wegen ihres allverbreiteten Vorkommens unser Interesse beanspruchen, oder in welchen Arten vorkommen, die eine pathogene Wirkung auf Warmblüter ausüben.


Fig. 118. Penicillium. 200:1.

Penicillium, namentlich P. glaucum, der gemeinste Schimmelpilz. Wuchert selbst in destilliertem Wasser, in vielen Arzneien usw. An der Spitze der Fruchthyphen tritt ein Quirl von Ästen pinselförmig hervor, und diese tragen Ketten von kugeligen, 3·5 μ messenden Sporen. Flockiges weißes Mycel, nach der Sporenbildung grün. Wächst am besten bei 15—20°, verkümmert bei 38°. Massenhaft in ranziger Butter, im Roquefortkäse usw. — P. brevicaule, wächst gut auf Brotbrei. Sporen farblos. Bringt man in die Kultur eine Spur arsenhaltiger Flüssigkeit, so entstehen heftig riechende flüchtige Arsenverbindungen, so daß in dieser Weise kleinste Mengen Arsen nachgewiesen werden können.

Oïdium. Als Meltau auf lebenden Pflanzen parasitierend; zahlreiche Arten; oft nur die Oïdienfruktifikation von Arten, die unter anderen Bedingungen

Sporen bilden. — Auf totem Substrat namentlich O. lactis, Milchschimmel, Mycel und Sporen weiß. Kurze aufrechte Fruchthyphen mit endständiger Kette von walzenförmigen „Sporen". Findet sich regelmäßig auf saurer Milch. Gedeiht zwischen 19 und 30° am besten, fängt bei 37° an zu verkümmern.

Mucor. Familie von zahlreichen Arten. Sporenbildung in Sporangien, die anfangs farblos sind, später meist braune oder schwarze Farbe annehmen. Fruchtträger bei manchen Arten 10—20 cm lang. Die Sporangienhülle platzt



Fig. 119. Oidium lactis. 200:1.

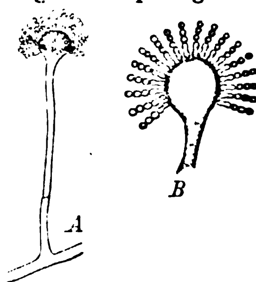


Fig. 121. Aspergillus. *A* Fruchtträger mit Sporen. 150:1. *B* Schematischer Durchschnitt des Fruchtträgerkopfs mit Sterigmen und Sporen. 300:1.

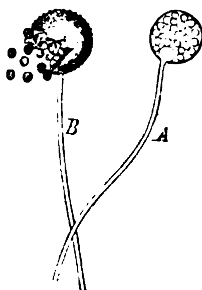


Fig. 120. Mucor mucedo. 200:1. *A* Unreifes, *B* reifes, platzendes Sporangium.

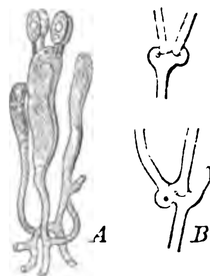


Fig. 122. Merulius lacrymans, Hausschwamm. *A* Fruchtträger mit reifen Sporen. 400:1. *B* Schnallenbildung an Mycelfäden. 400:1.

leicht, schon bei Berührung mit Wasser, und läßt die Sporen hervorquellen. Am häufigsten kommen saprophytisch vor M. mucedo und M. racemosus.

Aspergillus. Bildet Fruchtträger, welche an der Spitze kugelförmig angeschwollen sind, auf dieser entwickeln sich kurze Stiele (Sterigmen) und dann erst die Ketten von runden Sporen (die Eurotium-Fruktifikation kommt für gewöhnlich nicht zur Beobachtung). Das Mycel ist anfangs weiß, nach Eintritt der Sporenbildung je nach der Spezies gelb, grün, schwarz usw. A. glaucus, gelbgrün, gedeiht am besten bei 10—12°, findet sich in Kellern, an feuchten Wänden, auf eingemachten Früchten usw.

Erwähnt sei noch der zu den Hymenomyceten gehörige Hausschwamm, Merulius lacrymans, der im Bauholz und Mauerwerk wuchert. Er bildet ein farbloses Mycel, dessen Fäden oft Schnallenzellen zeigen (Fig. 122). An belichteten Stellen bilden sich als Fruchtträger aufrechte keulenförmige Basidien, auf jeder von diesen vier Sterigmen mit ovalen, gelbbraunen Sporen. — Über die hygienische Bedeutung des Hausschwamms s. im Kap. „Wohnung".

b) *Die Streptothricheen.*

Eine Gruppe von Mikroorganismen, die zwischen den Fadenpilzen und den Spaltpilzen steht. In den Kulturen können manche Arten Mycelien und Fruchthyphen mit Sporenketten bilden, so daß sie mit Schimmelpilzen die größte Ähnlichkeit haben. Mikroskopisch sind aber die Fäden oft von Bazillenfäden nicht zu unterscheiden, nur daß sie echte Verästelung zeigen; und die Fäden zerfallen häufig in bazillen- und kokkenartige Glieder, die auf frischem Nährsubstrat zunächst nur durch Teilung sich vermehren. Weitere Übergänge entstehen dadurch, daß bei den Gattungen Cladothrix und Leptothrix (vgl. S. 479) nur scheinbare Verästelungen vorkommen. — Vielfach entstehen durch Vergallertung der Membran der Fäden keulenförmige Anschwellungen, die als Degenerationsprodukte aufzufassen sind.

Zahlreiche Arten; die meisten sind saprophytisch weit verbreitet, nicht selten kommen aber auch pathogene Wirkungen (Actinomycespilz) zustande. Auch die Diphtherie-, Rotz-, Tuberkelbazillen, die den letzteren nahestehenden säurefesten Bakterien, sowie zahlreiche andere Angehörige der „Spaltpilze" müssen wegen der in ihren Kulturen beobachteten echten Verästelungen und Keulenbildungen eigentlich den Streptothricheen oder den Fadenpilzen eingereiht werden. Da sie aber in dem uns interessierenden menschlichen Material nur in Bazillenform vorkommen, werden sie aus praktischen Gründen zweckmäßiger bei den Bazillen besprochen.

c) *Die Sproßpilze (Blastomycetes).*

Ovale oder kugelige Zellen von 2—15 μ Durchmesser; zeigen eine zuweilen starke, doppelt-konturierte Membran, körniges Protoplasma, in letzterem Vakuolen und Öltropfen. Durch Eisenbeize und Hämatoxylin läßt sich ein Kern sichtbar machen. Die Vermehrung erfolgt für gewöhnlich durch Hervorsprossen einer Tochterzelle, welche sich schließlich durch eine Querwand von der Mutterzelle scheidet, und dann entweder noch längere Zeit an dieser haftet (Bildung von Verbänden) oder sich loslöst. — Viele Sproßpilze, jedoch keineswegs alle, vermögen in Zuckerlösungen alkoholische Gärung zu erzeugen. Es sind zu unterscheiden:

a) Sproßpilze, welche nur eine gelegentliche Wuchsform von Schimmelpilzen darstellen. Diese können, in Zuckerlösungen untergetaucht, hefeartige Sprossungen treiben und dann etwas Alkohol und Kohlensäure bilden. Sobald es dem Pilz (z. B. durch aufsteigende CO_2-Bläschen) ermöglicht wird, an die Oberfläche zurückzukehren, tritt wieder Fadenbildung ein.

b) Torulaarten. Sproßpilze, welche sowohl in Flüssigkeiten wie auch auf festem Substrat lediglich Sprossungen bilden. Sie vermögen keine oder nur ganz schwache Alkoholgärung hervorzurufen.

Die Kulturen auf festem Substrat (Gelatine) zeigen oft lebhafte Farbe, rosa, schwarz usw. Manche Arten, z. B. die rosafarbenen, sind außerordentlich verbreitet. — Auch die Torulaarten gehören vermutlich zu gewissen höheren Pilzen.

c) Saccharomyces, echte Hefepilze. Vermehren sich in Zuckerlösung nur durch Sprossung und erzeugen dabei Gärung, d. h. sie zerlegen Glykosen, namentlich Traubenzucker, in Kohlensäure und Alkohol. Rohrzuckerlösungen gehen langsamer in Gärung über, weil hier erst durch ein von der Hefe produziertes invertierendes Ferment eine Umwandlung des Rohrzuckers in Glykose eintreten muß. Obergärige Rassen von Hefepilzen bewirken sehr lebhafte, mit Emporreißen der Sproßverbände einhergehende Gärung, am besten bei höherer Temperatur. Andere Rassen (Unterhefe) rufen bei niederer Temperatur sog. Untergärung hervor. Diese Rassencharaktere erhalten sich konstant.

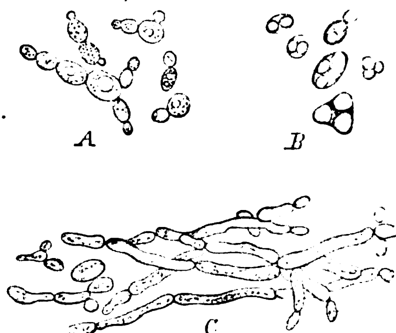


Fig. 123. Hefepilze. 400:1.
A Sprossung. *B* Sporenbildung. *C* Deckenbildung.

Unter den Zuckerarten sind nach E. Fischers Untersuchungen nur diejenigen gärfähig, die in ihrem Molekül eine durch 3 ohne Rest teilbare Zahl von Kohlenstoffatomen enthalten, deren allgemeine Formel also ist: $C_{3n}H_{6n}O_{3n}$; hierzu gehört die Glyzerose $C_3H_6O_3$, Traubenzucker, Fruchtzucker, Mannose und Galaktose $C_6H_{12}O_6$ und die Mannononose $C_9H_{18}O_9$; Tetrosen, Pentosen, Heptosen und Octosen sind für Hefe unvergärbar. Ferner sind nur die zur *d*-Reihe gehörigen Zucker gärfähig, während die optisch entgegengesetzten *l*-Zucker unvergoren bleiben. Innerhalb der gärfähigen Gruppen findet dann, je nach der Spezies der betr. Hefe, noch eine ganz individuell beschränkte Auswahl des Gärmaterials statt. — E. Buchner hat gefunden, daß die Zerlegung der gärfähigen Kohlehydrate auch bewirkt werden kann durch die unter starkem Druck ausgepreßte Leibessubstanz der Hefezellen, die Zymase, so daß also streng genommen der Gärprozeß nicht an das Leben der Zelle gebunden ist. Jede tiefere Alteration der Leibessubstanz hebt aber die Fermentbildung auf.

Nach Ablauf der Gärung sieht man bei allen echten Hefepilzen innerhalb 6—21 Tagen auf der Oberfläche der Flüssigkeiten Deckenbildung eintreten. Die Sprossungen werden dann undeutlicher und die Zellen länger, so daß sie an Hyphen erinnern. Die Temperatur-

grenzen, bei welchen sich die Decken bilden, die Schnelligkeit der Bildung und das mikroskopische Aussehen der Decken liefern diagnostisch brauchbare Merkmale zur Unterscheidung der Arten und Rassen.

Auf festem Nährsubstrat (Gelatine) oder auf Gipsplatten entstehen ferner in den Hefepilzen resistentere Sporen, 1—10, gewöhnlich 1—4 an Zahl, und zwar durch freie Zellbildung innerhalb der vergrößerten Mutterzelle (Askosporen). In bezug auf die Temperaturgrenzen, innerhalb welcher die Sporenbildung vor sich geht, zeigen die einzelnen Arten und Rassen erhebliche Unterschiede, welche wiederum für die Differentialdiagnose verwertet werden können.

Von den Lebensbedingungen der Hefepilze sei erwähnt, daß sie außer Zucker auch stets stickstoffhaltige Nährstoffe, lösliches Eiweiß, Pepton, Amide und dergleichen bedürfen. Ferner ist im allgemeinen für das Wachstum der Hefe Zufuhr von Sauerstoff erforderlich. Nur in gärenden Zuckerlösungen kann die Hefe auch bei Luftabschluß sich lange Zeit vermehren.

Bezüglich der Konzentration und Reaktion des Nährsubstrats halten sich die Hefepilze in der Mitte zwischen Schimmel- und Spaltpilzen. Bierwürze, Malzdekokt oder Pflaumendekokt, eventuell mit Zuckerzusatz, sind zur Kultur am besten geeignet; um Spaltpilze fernzuhalten, kann man zweckmäßig etwa 1 Prozent Weinsäure zufügen. Gegen freies Alkali sind die Hefepilze empfindlich. Die günstigste Züchtungstemperatur liegt im allgemeinen bei 25—30°.

Es sind früher viele Arten und Varietäten von Hefe nach der Form und Größe der Zellen unterschieden. Jedoch schwanken diese Verhältnisse bei der einzelnen Art so sehr, daß keine durchgreifenden konstanten Differenzen bestehen bleiben. Diagnostisch verwertbar sind vielmehr nur die Erscheinungen der Sporenbildung und Deckenbildung. — Praktisch unterscheidet man namentlich Weinhefe und Bierhefe. Erstere bewirkt die „spontane" Gärung des Mosts usw. oder anderer zuckerreicher Flüssigkeiten. Im Gegensatz dazu wird die Bierhefe nur künstlich gezüchtet, indem immer von der in lebhafter Gärung befindlichen Bierwürze etwas für den nächsten Brau zurückbehalten wird. In ähnlicher Weise wird die in Form des Sauerteigs bei der Brotbereitung benutzte Hefe weiter kultiviert. Vielfach wird Preßhefe verwendet, d. h. eine Bierhefe, welche durch mäßige Wasserentziehung haltbar gemacht ist.

In allen diesen Hefearten findet man mehrere Rassen vereinigt, darunter oft auch solche, welche für den betreffenden Gärungsprozeß unbrauchbar oder sogar schädlich sind und welche also nur zufällige Verunreinigungen darstellen. Hansen hat durch seine sorgfältigen Forschungen im Laboratorium der Karlsberg-Brauerei in Kopenhagen die Merkmale der guten, technisch verwendbaren Heferassen und andererseits derjenigen „wilden" Hefen erkennen gelehrt, welche zu den sogenannten Krankheiten des Bieres usw. Veranlassung geben. Infolgedessen wird jetzt meistens rein gezüchtete Hefe in den Gärungsgewerben benutzt.

d) Mycoderma cerevisiae et vini, der Kahmpilz (Saccharomyces Mycoderma); nach Fischer und Brebeck richtiger Endoblastoderma, gekennzeichnet durch einen neben der Sprossung konstant vorkommenden eigenartigen Fortpflanzungsprozeß durch endogene Zellentstehung. Bildet auf gegorenen Flüssigkeiten die sogenannte Kahmhaut, welche erheblich schneller entsteht als die von echten Hefen gebildeten Decken. Die Haut ist matt, grauweiß, gefaltet und besteht wesentlich aus langgestreckten Zellen. Keine Gärung, nur Verbrennung des Alkohols.

d) *Spaltpilze (Schizomycetes, Bakterien).*

1. Morphologisches Verhalten.

Kleinste chlorophyllfreie Zellen, meist unter 1 μ messend. Eine Differenzierung von Membran und Zellinhalt ist ohne Anwendung von Färbemitteln nicht möglich. Erst diese eröffnen einen Einblick in die genauere Struktur der Bakterienzelle.

Zur Färbung dienen die basischen Anilinfarben (eigentlich Salze, deren färberische Komponente eine Base ist), welche mit dem Plasma der Zellkerne und der Bakterien eine lose Verbindung nach Art der Doppelsalze geben. — In der Bakterienzelle unterscheiden wir dadurch a) das Entoplasma (den Zentralkörper); dasselbe besteht aus einer meist durch die ganze Zelle gerüstartig verteilten Kernsubstanz, dem Chromatin, und einer oft ganz zurücktretenden Plasmasubstanz. Mittels der Romanowsky-Färbung (s. im Anhang), die im wesentlichen in der Anwendung einer Methylenblau-Eosinmischung besteht, wird das Chromatin rot, das Plasma blau gefärbt. — Häufig begegnet man in der Bakterienzelle kleinen Haufen von euchromatischer Substanz neben größeren Partien sich schlecht färbender hypochromatischer Substanz. Erstere bleiben auch bei allerlei Extraktionsmethoden gefärbt und liefern die sog. metachromatischen Körnchen; sie finden sich namentlich bei den lebenskräftigsten Individuen.

b) Das Ektoplasma, die Hüllsubstanz; bleibt bei der Romanowsky- und den meisten anderen Färbungen farblos. Bei vielen Bakterien gar nicht sichtbar; bei einzelnen aber als deutliche Kapsel imponierend. Manche Bakterien bilden nur im Tierkörper Kapseln, und es kommt diesen unter Umständen die Bedeutung einer Schutzvorrichtung zu, mit der sich die Bakterienzelle gegenüber den ihr feindlichen Einflüssen des lebenden Körpers versieht. — Vom Ektoplasma gehen die Geißeln aus, die manchen Bakterien eigentümlich sind.

Oft sieht man die normale Form der Bakterienzelle dadurch ver-

ändert, daß der Salzgehalt des umgebenden Mediums sich ändert und daß dadurch der osmotische Gleichgewichtszustand zwischen dem Innern der Zelle und dem Außensubstrat gestört wird. Tritt außen plötzlich stärkerer Salzgehalt auf, so erfolgt Kontraktion des Entoplasmas = Plasmolyse; wird das Substrat salzärmer, so wird ein Teil des Plasmas aus der Zelle ausgeschieden = Plasmoptyse.

Vielfach angewendet wird die GRAMsche Färbung (s. im Anhang); sie beruht darauf, daß die Verbindung von Pararosanilin (Gentianaviolett) mit Jod durch Alkoholbehandlung aus dem Gewebe nicht extrahiert wird. Dadurch gelingt es in manchen (nicht in allen) Bakterienzellen eine gegen Jod- und Alkoholbehandlung dauerhafte Violettfärbung herzustellen, die in gleichem Maße weder in der tierischen Zelle noch in deren Kern entsteht und somit die völlig isolierte Färbung gewisser Bakterien im ungefärbten (oder nachträglich mit Kontrastfarben gefärbten) Gewebe ermöglicht.

Die gefärbten Präparate können im hellsten Lichte (Ölimmersion mit ABBÉschem Kondensor) untersucht werden; der breite Lichtkegel bewirkt hier ein völliges Verschwinden der Diffraktionserscheinungen und des Strukturbildes und läßt nur das Farbenbild in hellster Beleuchtung hervortreten. Bei ungefärbten Präparaten ist man auf das durch Diffraktion der Lichtstrahlen in den anders brechenden Medien der Zellen und Gewebe entstehende, aus Linien und Schatten zusammengesetzte Strukturbild angewiesen, das bei heller Beleuchtung verschwindet und nur bei abgedunkeltem Gesichtsfeld (Irisblende, herabgezogener ABBÉscher Kondensor) hervortritt.

Die Spaltpilze vermehren sich durch Querteilung, indem die Zelle sich streckt und dann in zwei selbständige Individuen teilt. Bei manchen Arten verläuft zwischen der Beendigung der ersten Teilung und dem Anfang der Teilung der neu entstandenen Individuen nur eine Zeit von 20 bis 30 Minuten. Bei anderen Bakterienarten dauert diese Frist mehrere Stunden. Rechnet man eine Stunde als Durchschnittswert, so entstehen aus jedem Spaltpilzindividuum innerhalb 24 Stunden 16 Millionen Individuen; bei 20 Minuten Teilungsdauer liefert eine Individuum in 24 Stunden sogar 4700 Trillionen, deren trockene Masse ca. 150000 Kilo wiegen würde. Einer so gewaltigen Vermehrung wirken indes stets die unten zu besprechenden hemmenden Einflüsse entgegen.

Die bei den Spaltpilzen beobachteten Formtypen sind im wesentlichen folgende:

a) Kugelige oder ovale Zellen, welche bei der Teilung stets wieder Kugeln ergeben. Diese Wuchsform bezeichnen wir als Mikrokokkus

oder Kokkus. Die Kugeln bleiben nach der Teilung entweder zu zweien aneinander haften = Diplokokkus; oder sie erscheinen, infolge Kreuzung der Wachstumsrichtung, zu vieren tafelförmig nebeneinander gelagert = Merista; oder sie bilden Würfel von je acht Individuen = Sarcina; oder die Kugeln halten stets die gleiche Wachstumsrichtung ein und haften in Kettenform aneinander = Streptokokkus; oder endlich sie bilden regellose Haufen = Staphylokokkus. Sind sie durch zähe Schleimmasse untereinander verbunden, so bezeichnet man die Haufen als Zoogloea.

Fig. 124. Micrococcus.
A Einzelne Kokken. *B* Diplococcus. *C* Merista. *D* Sarcina. *E* Streptococcus. *F* Staphylococcus. *G* Zoogloea.

b) Stäbchen, bei welchen der Längsdurchmesser den Querdurchmesser erheblich übertrifft = Bazillus. Die Teilung der Stäbchen erfolgt mit seltensten Ausnahmen stets im Querdurchmesser. Oft bleiben sie nach der Teilung aneinander haften und bilden dann Fäden

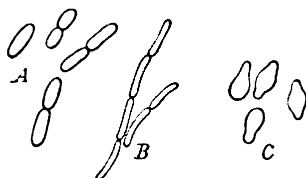


Fig. 125. Bacillus.
A Einzeln und in Teilung. *B* Scheinfäden mit Pseudo-Verzweigung. *C* Clostridium.



Fig. 126.
A Spirillum. *B* Vibrio.

(Scheinfäden, Leptothrix). Diese Fäden zeigen zum Unterschied von den Schimmelpilzfäden keine echten Verzweigungen, sondern höchstens Pseudoverzweigungen durch Aneinanderlagerung zweier Fäden. Daneben kommen aber bei zahlreichen Bazillen (auch bei Spirillen) echte Verzweigungen vor, anscheinend namentlich dann, wenn die gewöhnliche Teilung Hemmungen erfährt (vgl. S. 487). — Zuweilen zeigen die Bazillen eine Anschwellung in der Mitte oder an der Spitze, so daß sie Spindelform oder Kaulquappenform annehmen; diese Wuchsform bezeichnet man als Clostridium.

c) Schraubenförmig gewundene Fäden oder als Bruchstücke solcher Schrauben = Spirillum; bei flach gewundener Schraube = Vibrio; bei stets zahlreichen Windungen und anscheinend oft zugespitzten Enden = Spirochäte (vgl. S. 516).

d) Kugelige oder ovale meist stark lichtbrechende Zellen, welche nicht durch Teilung aus gleichbeschaffenen Kugeln hervorgegangen sind resp. solche produzieren, sondern im Innern der meist anders geformten Bakterienzelle entstehen und demnächst zu einer der Mutter-

zelle gleichen Zelle auswachsen können = Sporen. Sie sind im ganzen resistenter als die übrigen Wuchsformen der Bakterien und dienen vorzugsweise der Erhaltung der Art.

e) Längliche, kugelige, oft unregelmäßig begrenzte und sich lückenhaft färbende Zellformen verschiedener Art ohne bestimmten Typus, die durch Schrumpfung oder Schwellung aus normalen Zellen hervorgehen und sich unfähig erweisen zu irgend einer Art der Vermehrung = Involutions- und Degenerationsformen.

Die gleiche Spaltpilzspezies kann sich oft in verschiedener Wuchsform präsentieren. Allerdings kennen wir Spaltpilzarten, welche nur in Kokkenform vorkommen, oder höchstens noch Involutionsformen bilden. Andere Arten jedoch kommen für gewöhnlich als Bazillen vor, können aber außerdem in Form von langen Fäden auftreten oder in Form von kugeligen Sporen oder als verschieden gestaltete Involutionsformen. Alle diese Wuchsformen gehören dann zum Entwickelungskreis der betreffenden Art.

Innerhalb der gleichen Wuchsform finden sich vielfach kleine, jedoch deutliche Differenzen, sog. Speziescharaktere, welche bei allen Individuen derselben Spezies nahezu konstant hervortreten. So zeigt die eine Art stets große, die andere kleine, diese runde, jene ovale oder abgeplattete oder lanzettförmige Kokken; ebenso gibt es schlanke und dicke, eiförmig kurze und lange Bazillen, solche mit abgerundeten und solche mit abgestutzten Enden usw. (Fig. 127). Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von Artcharakteren, welche in diagnostischer Beziehung äußerst wertvoll sind.

Endlich kommen auch bei derselben Spezies gewisse individuelle Schwankungen der Form vor, namentlich infolge von Alters- und Ernährungsdifferenzen. Bazillen derselben Spezies sind im Jugendzustand kürzer, bei schlechten Nährverhältnissen oft dünner, Vibrionen sind stärker oder schwächer gekrümmt usw. Meistens sind diese Schwankungen gering, so daß trotz derselben die morphologischen Artcharaktere bestehen bleiben; zuweilen aber kommt es bei einer Spezies geradezu zu einem Pleomorphismus, der eine diagnostische Erkennung aus dem morphologischen Verhalten unmöglich macht.

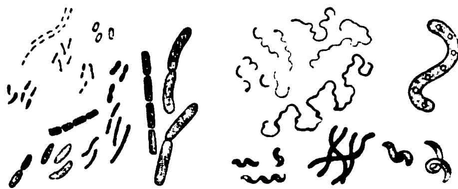


Fig. 127.
Bacillus- und Spirillum-Wuchsform verschiedener Spezies.

Viele Bazillen und Spirillen, sowie einige Kokken und Sarcinen

sind schwärmfähig, d. h. wir können unter dem Mikroskop beobachten, daß sie lebhafte Eigenbewegungen ausführen. Unter ungünstigen biologischen Bedingungen hören die Bewegungen zeitweise auf. Mikrokokken sind nur ausnahmsweise schwärmfähig, sondern zeigen gewöhnlich nur zitternde Molekularbewegung. Als Ursache der Bewegungen sind bei vielen Bakterien Geißeln erkannt, die durch besondere Färbemethoden nachweisbar werden. Entweder befindet sich an einem oder an jedem Ende ein ganzes Büschel von Geißeln (Lophotricha); oder nur eine einfache oft sehr lange Geißel (Monotricha); oder die Bakterien sind an ihrer ganzen Peripherie mit feinen Wimpern besetzt (Peritricha).

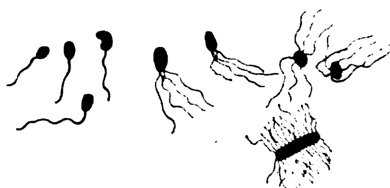


Fig. 128.
Geißeltragende Bakterien. 1000:1.

Von Pfeffer ist nachgewiesen, daß die beweglichen Bakterien durch gewisse chemische Stoffe angelockt werden (Chemotaxis). Füllt man sehr feine an einem Ende zugeschmolzene Glaskapillaren mit Lösungen (z. B. von Chlorkalium, Pepton, Kartoffelsaft) und legt dieselben in einen Tropfen Wasser mit den betreffenden Bakterien, so wandern verschiedene Bakterienarten sehr lebhaft in die Kapillaren hinein. Dabei läßt sich die Mitwirkung von physikalischen Momenten, Diffusionsströmen u. dgl. vollkommen ausschließen; vielmehr ist nur der anlockende Reiz des Chemismus der Lösungen entscheidend (positive Chemotaxis). Von anderen Lösungen werden dieselben Bakterien abgestoßen (negative Chemotaxis); manche chemische Substanzen äußern gar keinen richtenden Einfluß.

Von besonderer Bedeutung ist die Sporenbildung der Bakterien. Echte endospore Fruktifikation findet man bei vielen Bazillen und bei einigen Spirillen. Bei Mikrokokken, aber auch bei vielen Bazillen ist sie noch nicht beobachtet. Die Bildungsweise der endogenen Sporen ist verschieden je nach der Spezies; entweder wachsen die Bazillen zu Fäden aus, in den Fäden entstehen lichtbrechende Körnchen, welche schließlich in perlschnurartig angeordnete, runde oder ovale Sporen übergehen (z. B. bei den Milzbrand-Bazillen). Oder die einzelnen Bazillen schwellen vor der Sporenbildung zu Spindelform auf und in dem entstandenen Clostridium bildet sich die runde oder ovale stark lichtbrechende Spore (Buttersäure-Bazillen). Oder aber es bildet sich ohne erhebliche morphologische Änderung des Bazillus im Verlauf desselben oder an einem Ende eine als Spore aufzufassende kugelige Anschwellung. — Die meisten Sporen zeigen eine dicke, vielleicht doppelte,

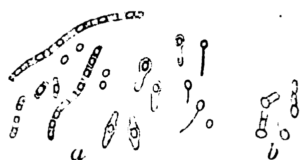


Fig. 129.
Sporenbildung (a) und Sporenkeimung (b).

Membran. Oft sind sie grünlich glänzend und stark lichtbrechend. Farbstoffe dringen schwer ein, haften dann aber um so hartnäckiger.

Charakteristisch für jede Spore ist, daß aus derselben ein dem mütterlichen gleicher Organismus hervorgehen kann. Das „Auskeimen“ erfolgt bei den ovalen Sporen entweder in der Längs- oder in der Querrichtung oft unter tanzender Bewegung. — Eine fernere Eigentümlichkeit aller endogen gebildeten Sporen ist es, daß sie die Erhaltung der Art resp. Varietät unterstützen, indem sie gegen die in der Natur den Mikroorganismen hauptsächlich drohenden Gefahren resistenter sind als die Bazillen- oder Spirillenform. Allerdings zeigt auch hier wieder jede Art ein besonderes Verhalten. Die Sporen mancher Bazillenarten können jahrelang in völlig trockenem Zustande oder auch z. B. unter absolutem Alkohol aufbewahrt werden, ohne ihre Lebensfähigkeit einzubüßen, während bei den Sporen anderer Arten die Widerstandsfähigkeit bei weitem nicht so stark ausgesprochen ist.

Die Eigenschaft, Sporen zu bilden, kommt nach neueren Untersuchungen derselben Art nicht immer zu. Durch gewisse schädigende Momente (Züchtung in karbolsäurehaltiger Bouillon) kann z. B. den Milzbrandbazillen die Fähigkeit Sporen zu bilden, dauernd genommen werden, während sie im übrigen ihre morphologischen und biologischen Merkmale beibehalten (asporogene Rassen).

Neben den endosporen hat man noch eine arthrospore Fruktifikation unterschieden. Arthrosporen entstehen dadurch, daß einzelne Glieder einer Kette, oder eines Haufens oder eines Fadens von Bakterien sich lebensfähiger zeigen als die übrigen Teile, so daß sie nach dem Absterben der letzteren zum Ausgangspunkt neuer Zellen und Zellverbände werden können. Zuweilen scheinen diese Reste durch Größe und Lichtglanz sich auszuzeichnen, im ganzen fehlt es jedoch an typischen Merkmalen für dieselben.



Fig. 130. Involutionsformen.

Involutionsformen sehen wir unter den verschiedensten schädigenden Einflüssen, namentlich bei Erschöpfung des Nährbodens, bei Eintritt abnormer Reaktion, bei abnormer Temperatur usw., meist in nicht typischer Weise sich bilden; bei einigen Arten treten aber unter bestimmten Bedingungen so rasch und in so charakteristischer Weise Involutionsformen auf, daß wir dieselben zur diagnostischen Erkennung verwerten können (Pest, Diphtherie).

2. Lebensbedingungen der Spaltpilze.

Die Zellsubstanz der Spaltpilze besteht zu ca. 80 % aus Wasser; die Trockensubstanz hauptsächlich aus Eiweißstoffen (ca. 80 %), Nukleïnen, Fett (Wachs) und Salzen; unter letzteren namentlich Phosphate. Nach Cramer ist die chemische Zusammensetzung der Bakterien

nicht konstant, sondern ändert sich je nach den Züchtungsbedingungen und dem Gehalt des Nährbodens an Wasser, Aschenbestandteilen, stickstoffhaltiger Substanz usw. in entsprechendem Sinne; hierdurch werden die Bakterien zu einer weitgehenden Anpassung an die verschiedenartigsten Existenzbedingungen befähigt. — Sie bedürfen im allgemeinen für ihren Stoffwechsel außer anorganischen Nährstoffen stickstoffhaltiger und nebenbei auch stickstofffreier Substanzen. Die beste stickstoffhaltige Nahrung liefern ihnen lösliches Eiweiß, Pepton und Leim, die beste stickstofffreie Nahrung Zucker und Glyzerin; doch können Stickstoff- und Kohlenstoffbedarf eventuell auch durch viel einfachere Verbindungen Deckung finden, z. B. der N-bedarf durch Amidosäuren und Amide wie durch Asparagin, milchsaures Ammon, Leucin, Tyrosin u. ä. m. Der zum Aufbau des Bakterienleibes erforderliche Schwefel wird ebenso aus organischen Schwefelverbindungen entnommen.

Je nach der Spezies unterliegt der Nährstoffbedarf außerordentlichen Schwankungen. Manche Arten vermögen mit den minimalsten Spuren organischer Substanz, welche sich in reinem destillierten Wasser finden, noch üppigste Vermehrung zu leisten. Andere Arten verschmähen alle Nährsubstrate mit Ausnahme von Blutserum oder Mischungen von Fleischsaft und Blutserum; wieder andere gedeihen und proliferieren nur im lebenden Körper des Warmblüters.

Als Beispiel einfachster Ernährungsverhältnisse seien die Nitrobakterien Winogradskys angeführt, welche ihren Kohlenstoffbedarf einzig und allein aus der atmosphärischen CO_2 decken (s. S. 107), sowie die sog. stickstofffixierenden Mikroben in den Wurzelknöllchen der Leguminosen, welche befähigt sind, den freien Stickstoff aus der Luft zu assimilieren und so den Gehalt des Ackerbodens an nutzbarem Stickstoff anzureichern.

Im allgemeinen sind ferner die Spaltpilze sehr empfindlich gegen saure Reaktion des Nährmediums, weniger gegen einen Alkaliüberschuß. Jedoch kommen auch in dieser Beziehung zahlreiche Ausnahmen vor; manche Arten sind gerade gegen Alkali empfindlich und wachsen bei sauerer Reaktion am besten.

Ebenso verschieden ist das Verhalten der einzelnen Arten gegenüber dem Sauerstoff. Eine Gruppe von Arten, die sog. obligaten Aëroben, verlangen zu ihrem Fortkommen unter allen Umständen freien Sauerstoff. Ihnen stehen diametral gegenüber die obligaten Anaëroben, eigentümliche Spaltpilze, die nur wachsen und sich vermehren, wenn aller freier Sauerstoff möglichst vollständig (bis zu $^1/_2{}^0/_0$) aus dem Nährsubstrat entfernt ist. Einige dieser Anaëroben vermögen Gärung zu erregen, und — nach Analogie der Hefe — bei Anwesenheit gärfähiger Stoffe das Fehlen des Sauerstoffs leichter zu

ertragen. Viele aber führen ihre anaërobiotische Existenz ohne einen Ersatz durch Gärung, und scheinen also die notwendigen Energiemengen durch Zerlegung geeigneter Nährstoffe (Glykose) liefern zu können. — Sehr zahlreiche Bakterien sind endlich fakultative Anaëroben, d. h. sie gedeihen am besten bei Sauerstoffzutritt, können aber auch ohne Sauerstoff leben, besonders dann, wenn sie gleichzeitig Gärung erregen.

Schwankungen des Luftdrucks sind für alle Spaltpilze so gut wie indifferent. — Durch Belichtung tritt dagegen eine sehr erhebliche Schädigung der Mikroorganismen ein (s. unten); und sogar gute Nährsubstrate können durch Stehen im Sonnenlicht ungeeignet zur Kultur werden (Wasserstoffsuperoxydbildung).

Von sehr großer Bedeutung für das Leben aller Spaltpilze ist die Temperatur; auch hier aber zeigen die einzelnen Arten wieder einen außerordentlich verschiedenen Bedarf. Der erste Anfang des Wachstums und der Vermehrung liegt für einige Arten bereits bei 0°, für andere erst zwischen 30 und 40°, für einige sogar zwischen 40 und 50°. Die obere Wachstumsgrenze finden wir für die meisten Arten bei etwa 40°, für einige bei 50°; es sind aber sogar Arten beobachtet, welche bei 70° und mehr noch Wachstum zeigen. — Auch an die Temperatur kann eine gewisse Gewöhnung und Anpassung bei manchen Arten beobachtet werden.

Aus der Kenntnis der Lebensbedingungen der Spaltpilze läßt sich ohne weiteres die Art und Weise ableiten, in welcher die Spaltpilze am besten künstlich zu züchten sind.

Als Nährlösung benutzt man Fleischinfus, Heuinfus, Milch, Harn, Blutserum u. dgl. Alle saueren Substrate werden durch Sodazusatz schwach alkalisch gemacht. Da aber diese Nährsubstrate, sowie die Flaschen und Gläser, in welchen sie aufbewahrt werden sollen, von vornherein zahlreichste Bakterien enthalten, welche als störende Verunreinigungen sich bemerklich machen und die Kennzeichen der beabsichtigten Kulturen nicht rein zum Vorschein kommen lassen würden, ist es erforderlich, sämtliche Gefäße und Nährsubstrate vor dem Gebrauch zu sterilisieren, d. h. von anhaftenden lebenden Bakterien zu befreien. Das Sterilisieren der Gefäße geschieht durch ein- bis zweistündiges Erhitzen im Trockenschrank auf 160°, das Sterilisieren der in die Gefäße eingefüllten Nährsubstrate durch Kochen im Papinschen Topf oder in strömendem Wasserdampf.

Alle flüssigen Nährsubstrate bieten nun aber große Schwierigkeiten, sobald man die Kultur einzelner bestimmter Arten beabsichtigt. Sie können sehr wohl gebraucht werden, wenn die einzelne Art bereits in reinem isolierten Zustande vorliegt. Das ist aber nur ganz ausnahmsweise der Fall, für gewöhnlich muß man bei der Anlage von Kulturen von einem Gemenge mehrerer resp. vieler Spaltpilzarten ausgehen; z. B. findet man in der Leiche eines an einer Infektionskrankheit Gestorbenen zur Zeit der Sektion neben den Infektionserregern, welche man zu kultivieren wünscht, auch noch zahlreiche Fäulnisbakterien. Eben-

solche Gemenge findet man in verdächtigem Trinkwasser usw. Bringt man ein derartiges Gemenge in eine Nährlösung, so wachsen alle die verschiedenen Bakterien durcheinander, und die Merkmale der einzelnen Art werden durch die der übrigen Bakterien völlig verwischt.

Um in Flüssigkeiten eine Isolierung der einzelnen Art zu ermöglichen, hat man früher das Verfahren der fraktionierten Kultur empfohlen, welches darin besteht, daß man in bestimmten Zwischenräumen (24—48 Stunden) jedesmal eine kleine Menge der Kultur in ein neues Kulturglas überträgt; wiederholt man diese Übertragungen sehr häufig, so erhält man schließlich allerdings eine reinere Kultur; aber meistens besteht diese vorzugsweise aus denjenigen Spaltpilzarten, welche sich unter den gewährten Bedingungen am schnellsten vermehren; und das sind gewöhnlich nicht etwa die uns interessierenden pathogenen Bakterien, sondern die Fäulnispilze. — Nur unter Anwendung bestimmter, einer pathogenen Bakterienart besonders adäquater Nährsubstrate und Kulturbedingungen gelingt es neuerdings, auch manche Krankheitserreger zur Überwucherung der begleitenden Bakterien zu veranlassen. Eine solche spezifische „Anreicherung" erfahren z. B. die Cholerabakterien durch Züchtung in Peptonwasser oder auf Alkalialbuminat; die Diphtheriebazillen durch Kälber-, Rinder- und Schweineserum; die sog. Influenzabazillen durch Hämoglobin- oder Eigelbzusatz; die Tetanusbazillen durch Hasenblutserum, die Tuberkelbazillen durch Albumosen usw.

Oder man hat das sogenannte Verdünnungsverfahren angewendet. Bedingung dafür ist jedoch, daß der gesuchte Spaltpilz in dem Gemenge nicht in erheblicher Minderzahl vorhanden ist. Man verdünnt dann die zu untersuchende Flüssigkeit so stark mit keimfreiem Wasser, daß in je 1 ccm nur ungefähr ein Spaltpilz enthalten ist. Darauf bringt man in eine größere Zahl von Gläsern mit Nährlösung je 1 ccm der Verdünnung und hat nun relativ gute Chancen, daß wenigstens in einigen Gläsern eine Reinkultur des interessierenden Pilzes zustande kommt.

Immerhin sind diese Verfahren sehr umständlich. Auch ist es schwierig, in flüssigen Nährsubstraten Kulturen rein zu erhalten; bei jeder Probenahme zum Zweck der mikroskopischen Untersuchung und bei jeder Übertragung in ein neues Kulturglas kommen leicht einige der überall verbreiteten saprophytischen Pilze hinein; diese wachsen in der Nährlösung meist viel lebhafter als die pathogenen Bakterien und verdrängen letztere nach einiger Zeit. Es gehört daher eine subtile Technik dazu, um in Nährlösungen reine Kulturen herzustellen; und nur wenigen Forschern ist es geglückt, in solcher Weise an zuverlässig reinen Arten Beobachtungen über deren morphologisches und biologisches Verhalten zu machen.

Völlig anders sind diese Verhältnisse geworden, seit Koch seine Methoden zur Kultur der Spaltpilze mitgeteilt hat. Diese Methoden sind so einfach und geben so sichere Resultate, daß seither die künstliche Kultur der Bakterien in allen medizinischen Disziplinen ausgedehnteste Anwendung finden konnte.

Koch ging von der Überlegung aus, daß in den flüssigen Nährsubstraten der hauptsächlich störende Umstand darin liegt, daß sich immer alle Bakterien in kürzester Zeit durch die ganze Flüssigkeit verteilen, so daß in jedem Tropfen, den man zur Untersuchung oder zur weiteren Kultur entnimmt, nicht etwa Exemplare der einen Art, sondern Exemplare aller verschiedenen überhaupt vorhandenen Arten sich finden. Wenn es gelänge, die einzelnen Bak-

terien an einen bestimmten Platz zu fixieren und das Durcheinandermischen zu hindern, dann würde offenbar eine isolierte Kultur viel leichter sein.

In dieser Richtung ist nun schon viel zu erreichen dadurch, daß man die Oberfläche irgend welcher fester Nährböden zur Aussaat benutzt, wie z. B. die Schnittfläche gekochter Kartoffelscheiben. Breitet man einen Tropfen Flüssigkeit, in welchem mehrere verschiedene Bakterien enthalten sein mögen, auf einer solchen Kartoffel aus, so kommt wahrscheinlich jede Bakterie an einen besonderen Platz zu liegen und wächst dort zu einer Kolonie aus. Man bekommt also auf der Kartoffel räumlich getrennte Kolonien, deren jede eine Reinkultur repräsentiert. Diesen Charakter werden dieselben auch dann bewahren, wenn etwa ein saprophytischer Keim auf die Kartoffel geraten sollte; ein solcher wird mutmaßlich wiederum einen besonderen Platz okkupieren, räumlich getrennt von den anderen Kolonien und diese daher in keiner Weise beeinträchtigen.

Sind allerdings zahlreiche und mannigfaltigere Bakterien vorhanden, dann wird die Verteilung auf dem festen Substrat nicht immer gleichmäßig gelingen; es wird leicht vorkommen, daß auf dieselbe Stelle mehrere Bakterien geraten, während andere Stellen relativ frei bleiben. Besser wäre es, wenn man flüssiges und festes Substrat kombinieren und das flüssige plötzlich in ein festes verwandeln könnte; dann würde in der Flüssigkeit eine völlig gleichmäßige Verteilung der Keime gelingen und bei dem plötzlichen Erstarren würde eine räumliche Trennung der einzelnen Exemplare, selbst wenn diese in großer Zahl vorhanden sind, erreicht werden.

Außerdem entziehen sich kleine Kolonien auf dem undurchsichtigen festen Substrat leicht der Beobachtung. In dieser Beziehung müßte es vorteilhaft sein, durchsichtige Nährböden zu verwenden, welche in dünner Schicht sogar eine Durchmusterung mit dem Mikroskop gestatten.

Beiden Forderungen können wir nun gerecht werden, wenn wir den Nährlösungen einen Zusatz von Gelatine oder Agar-Agar geben, so daß die Mischungen bei 25 bis 30° resp. 35 bis 40° noch flüssig sind, bei rascher Abkühlung aber schnell erstarren.

Am häufigsten benutzt man Nährgelatine, d. h. ein schwach alkalisches Gemenge von Bouillon, Pepton, Kochsalz und 10 Prozent Gelatine. Bringt man in ein Glas mit solcher Nährgelatine, nachdem man sie vorher auf 30° erwärmt und dadurch verflüssigt hat, ein beliebiges Gemenge von Bakterien, mischt darauf die Flüssigkeit ordentlich durch und gießt dann die Gelatine auf horizontal gelagerte Glasplatten, oder in ganz flache Glasschälchen in dünner Schicht aus, so werden die einzelnen Keime von der sofort erstarrenden Gelatine in deutlichen Zwischenräumen fixiert. Aus jedem Keim entwickelt sich durch fortgesetzte Vermehrung an der bestimmten Stelle eine aus vielen Millionen gleichartiger Keime bestehende Kolonie, welche gewöhnlich schon nach 1—2 Tagen makroskopisch sichtbar wird; und wenn man eine solche Kolonie weiter studiert, und namentlich auch mikroskopische Präparate davon anfertigt, so zeigt sich, daß sie nur Individuen derselben Art enthält, d. h. daß sie eine Reinkultur einer Spaltpilzart darstellt.

Die auf solchen „Platten" gewachsenen Kolonien lassen sich auch gut mit schwacher (40—80facher) Vergrößerung beobachten und zeigen dann mancherlei makroskopisch nicht wahrnehmbare Eigentümlichkeiten, welche mit Vorteil zur diagnostischen Unterscheidung der Arten benutzt werden können. —

Ferner läßt sich die Zahl der auf einer Platte vorhandenen Kolonien leicht ermitteln; und da jede Kolonie aus einem Spaltpilzindividuum hervorgegangen ist, so gelangen wir auf diese Weise zu bestimmten Vorstellungen über die Zahl der Bakterien, welche in dem untersuchten Probeobjekt vorhanden waren.

Auch auf den Platten dürfen selbstverständlich nicht zu viel Kolonien vorhanden sein, da dieselben sonst zu dicht gelagert sein und ineinander wachsen würden. Kennt man daher die Menge der im Probematerial enthaltenen Bakterien nicht, so werden stets mehrere Platten mit verschiedenen Verdünnungsstufen angelegt. (Genaueres s. im Anhang.)

Mit Hilfe der geschilderten Methode ist in den meisten Fällen eine Isolierung und Reinkultur der interessierenden Bakterien zu erreichen. Jedoch gibt es manche Fälle, wo die Methode versagt. Einige Bakterien erfordern für ihre Kultur durchaus höhere Temperatur; die Gelatineplatten darf man aber höchstens bei 22—24° halten, da bei einer Temperatur, die 25° überschreitet, die Gelatine flüssig werden und also der Vorteil des festen Nährbodens verloren gehen würde. In solchen Fällen verwendet man Agargemische, welche noch bei 38° starr bleiben. — Oft beobachtet man, daß nur die auf die Oberfläche der Platte geratenen Keime ordentlich auswachsen. Dann ist es besser, erst die Gelatine- oder Agarmischung in die Glasschälchen auszugießen und dort erstarren zu lassen, und nun erst mit einem Platinpinsel oder einem Glasstab das bakterienhaltige Material auf der erstarrten Oberfläche zu verteilen (s. im Anhang: Typhusdiagnose). — Andere Bakterien verlangen aber durchaus auch noch andere Nährsubstrate; sie wachsen z. B. in Bouillongemischen gar nicht, dagegen in Blutserum. — Wieder andere Bakterien erfordern eine Entfernung des Sauerstoffs, die z. B. durch Aufgießen einer hohen Schicht Gelatine oder Agar, oder besser durch Verdrängen der Luft mittels Wasserstoffgases und Zuschmelzen der Kulturgefäße, ferner auch durch Zusatz gewisser reduzierender Körper, wie Dextrose, Brenzkatechin, ameisensaures Natrium, Schwefelnatrium, indigschwefelsaures Natrium u. a. m., erreicht wird. — Manche Bakterien endlich, welche wir mikroskopisch beobachten können, sind bisher durch keine Modifikation der Methode in künstlicher Kultur zu erhalten.

Eine vielfache Variierung der Züchtungsmethoden ist schon deshalb empfehlenswert, weil erst dabei die sämtlichen einer Spaltpilzart zukommenden biologischen Eigentümlichkeiten in ihrem vollen Umfang erkannt werden können. Auch die Züchtung in flüssigen Nährsubstraten darf, nachdem erst eine Isolierung erfolgt ist, nicht versäumt werden; namentlich ist die sogenannte Kultur im hängenden Tropfen wichtig, um das morphologische Verhalten und den Formenkreis der betreffenden Art kennen zu lernen (s. Anhang).

3. Lebensäußerungen der Spaltpilze.

Allen Spaltpilzen kommt die Fähigkeit zu, gewisse Nährstoffe des Substrats, zum Teil unter Zuhilfenahme von sezernierten Fermenten, zu assimilieren und teils für ihr Wachstum und ihre Vermehrung zu verwenden, teils aber zu zerlegen, in Oxydationsprodukte überzuführen, und so die für ihre Leistungen — Wärmeproduktion, Bewegungen, optische Wirkungen — erforderlichen Energiemengen zu gewinnen. Wahrscheinlich ist der Anteil der assimilierten Nährstoffe, welche für

das Wachstum und die Vermehrung verwandt wird, bei den verschiedenen Spaltpilzarten sehr wechselnd; manche Bakterien vermögen jedenfalls außerordentlich schnell einen Teil der Nährstoffe in Körpersubstanz überzuführen und dadurch ausgebreitete, makroskopisch sichtbare Kolonien zu bilden.

Unter den Stoffwechselprodukten der Spaltpilze ist die Kohlensäure das allgemeinste, mit seltenen Ausnahmen (s. S. 107) nicht wieder assimilierbare Stoffwechselprodukt. Bei starker Anhäufung vermag sie auf viele Bakterienarten einen schädigenden, die weitere Vermehrung hemmenden Einfluß auszuüben. — Sehr verbreitet sind ferner Reduktionswirkungen; Lackmus und Methylenblau werden durch fast alle Bakterien zu farblosen Leukoprodukten reduziert, Neutralrot in einem grünfluoreszierenden Farbstoff verwandelt, Schwefelverbindungen zu H_2S oder Merkaptanen, selenigsaures Natrium zu rotem Selen, tellurigsaures Natrium zu schwarzem Tellur reduziert.

Oft wird durch wuchernde Bakterienkolonien die Reaktion des Nährsubstrats verändert; viele Arten produzieren durch Spaltung von Kohlehydraten oder Glyzerin freie Säure, z. B. Milchsäure, Essigsäure usw.; während andere beim Abbau der Albuminate alkalisch reagierende Verbindungen (Amine, Ammoniumbasen usw.) liefern und daher die Alkaleszenz des Substrats erhöhen. Besondere Wichtigkeit erlangen diese Stoffwechselprodukte dadurch, daß sie in viel höherem Grade als die Kohlensäure bakterienfeindliche Eigenschaften entfalten. 0,11 bis 0,3 Prozent der genannten Säuren und 0,5 bis 1,0 Prozent Ammoniumkarbonat reichen hin, um viele Bakterienarten in ihrem Wachstum und ihrer Vermehrung zu hemmen; etwas stärkere Konzentrationen töten sogar manche Arten ab. Im Kampf verschiedener Bakterien um ein Nährsubstrat sind diese Stoffwechselprodukte daher oft von ausschlaggebender Bedeutung. Steigt die produzierte Säure- oder Alkalimenge noch weiter an, so kann schließlich eine Wachstumshemmung auch für die produzierende Art selbst zustande kommen; so wird z. B. die weitere Vermehrung der Milchsäurebazillen und der Fortgang der Milchsäuregärung durch die angesammelte Säure sistiert, ähnlich wie die Hefegärung durch einen gewissen Alkoholgehalt.

Bei vielen Arten beobachten wir ferner lebhafte rote, blaue, gelbe und grüne Pigmente, welche die Masse der Kolonie und oft noch einen größeren Bezirk des Nährsubstrats färben. Dadurch wird das Aussehen der Kolonie sehr charakteristisch, und oft ist daher die Farbstoffproduktion für diagnostische Zwecke verwertbar. — Die meisten Pigmentbakterien scheinen nur eine chromogene Substanz zu bilden, welche erst bei Sauerstoffzutritt in den Farbstoff übergeht. — Das

Chromogen des Bac. pyocyaneus entsteht nur, wenn kleine Mengen Mg-salze zugegen sind.

Von zahlreichen Bakterien gehen Ferment-(Enzym-) Wirkungen und Gärungen aus. Das Charakteristische bei beiden ist, daß umfangreiche Spaltungen komplexer Moleküle ausgelöst werden, ohne daß die Fermente und Gärungserreger selbst in erheblicherem Grade dabei zerstört oder unwirksam gemacht werden. Bei der Gärung kommt eine fortgesetzte Vermehrung der lebenden Zellen und damit parallel eine stete Vermehrung der wirksamen Enzyme in Betracht, während abgetrennte Enzyme in ihrer quantitativen Leistung weit mehr begrenzt sind. Die bei den Gärungen wirksamen Enzyme diffundieren überhaupt nicht nach außen, sondern sind an die unversehrte Leibessubstanz der Bakterien gebunden. Nur durch vorsichtigste Manipulationen (Auspressen) kann man sie unzersetzt von der Zelle trennen. Man bezeichnet sie daher als Endoenzyme. Ein Beispiel dieser Art ist die BUCHNERsche Zymase aus Hefezellen (vgl. S. 488).

Die häufigsten durch lebende Bakterien oder deren Endoenzyme in gärfähigen Substraten ausgelösten Gärungen sind:

α) aus Zucker = Milchsäure; die Erregung dieser Gärung sind der B. acidi lactici, der Rechtsmilchsäure liefert, der B. acidi paralactici, der B. acidi laevolactici und der Micr. ac. paralactici, die überall verbreitet sind und für gewöhnlich die saure Milchgärung veranlassen. Außerdem vermögen aber auch zahlreiche andere Bazillen und Mikrokokken die gleiche Gärung zu leisten, wenn auch in quantitativ geringerem Grade.

β) aus Stärke und Zucker = Buttersäure und Nebenprodukte. Als Erreger sind bis jetzt mehrere anaërobe und aërobe Bazillen bekannt.

γ) Einige weniger häufige Gärungen sind die sogenannte schleimige Gärung, die Dextrangärung des Zuckers, die Sumpfgasgärung der Zellulose. Ferner Vergärungen der Fettsäuren und verschiedene eigentümliche Vergärungen des Glyzerins, bei welchen namentlich Äthylalkohol entsteht.

δ) aus Alkohol = Essigsäure. Die Erreger sind zwei oder mehr Bazillenarten, außerdem ist reichlichster Sauerstoffzutritt für den regen Ablauf dieser Gärung erforderlich. — Eine Oxydationsgärung ist auch die Nitrifikation im Boden durch die Nitrobakterien.

ε) Die Vergärung eiweißartiger Stoffe = Fäulnis. Es lassen sich verschiedene Stufen der Zersetzung unterscheiden; zunächst erfolgt Peptonisierung, dann tiefere Spaltung des Moleküls; es entstehen teils Ammoniakderivate, teils Benzolderivate, teils Fettsäuren. Immer bilden sich diese oder jene stinkenden Gase, z. B. Schwefelammonium, Skatol, flüchtige Fettsäuren, Trimethylamin u. a. m. Die Zerlegung des Eiweißmoleküls im Sinne der Fäulnis vermögen zahlreiche Bakterienarten zu leisten, nur erfolgt durch die einen eine tiefere Zerstörung mit charakteristischen Endprodukten, als durch die anderen. Bei der spontan verlaufenden Fäulnis, welche uns vorzugsweise interessiert, finden wir stets eine Menge verschiedener Bakterienarten an dem Zerstörungswerk, teils gleichzeitig, teils in einer gewissen Aufeinanderfolge beteiligt. Im

Anfange pflegen namentlich Aëroben in den Vordergrund zu treten; in späteren Phasen und tieferen Schichten des Subtrats Anaëroben. Ist das Substrat der Art, daß während des ganzen Fäulnisprozesses reichlich Sauerstoff zutreten kann, wie z. B. im porösen, für Luft durchgängigen Boden, dann erfolgt Verwesung, d. h. die eigentlichen Fäulnisprodukte und namentlich die stinkenden Gase werden sehr rasch oxydiert zu Wasser, Kohlensäure, salpetriger Säure und Salpetersäure.

Daneben kommen Ektoenzyme in Betracht, welche aus der lebenden Bakterienzelle nach außen diffundieren, unlösliche Verbindungen des Substrats in lösliche verwandeln und dabei den Nahrungs-bereich der Bakterien erweitern, ähnlich wie das Ptyalin und Pepsin bei den höheren Organismen. Zu diesen Ektoenzymen gehören:

α) Enzyme, welche auf Albuminate wirken; namentlich die von vielen Bakterien gelieferten trypsinähnlichen Fermente. Letztere lösen Eiweiß, Gelatine usw.; auf den Gelatineplatten entstehen durch proteolytisch wirkende Bakterien Verflüssigungszonen um die Kolonien, die zur Charakterisierung der Art gut benutzt werden können. — Manche Bakterien liefern auch Labferment, das Kaseïn zur Koagulation bringt.

Hierher gehören ferner die Nukleasen, welche Bakterien auflösen (Bakteriolysine), und zwar entweder fremde oder die eigenen Zellen. Vgl. unter „Toxinen".

β) Enzyme, die auf Kohlehydrate wirken. Einige Bakterien vermögen durch Diastase Stärke in Zucker zu verwandeln; andere liefern Invertin, das Rohrzucker in Traubenzucker überführt; auch Laktase, Maltase usw. findet man gelegentlich.

γ) Fettenzyme, Lipasen; spalten die Fette.

δ) Oxydasen, durch welche Sauerstoff auf gewisse chemische Verbindungen übertragen werden. — Die gegensätzlichen „Reduktasen" sind bei manchen der oben erwähnten Reduktionsprozesse wirksam. — Ferner Peroxydasen, H_2O_2 in H_2O und O spaltend; Urease, harnstoffzerlegend; Fermente, welche Glykoside spalten u. a. m.

Für die Rolle der Bakterien als Krankheitserreger sind ferner von besonderer Bedeutung die von vielen Arten gelieferten Toxine. Wie bei den Fermenten unterscheidet man Ektotoxine, die in das umgebende Substrat diffundieren, leicht extrahierbar sind und von der lebenden Bakterienzelle abgetrennt werden können z. B. durch Filtration durch Tonfilter; und zweitens Endotoxine, die wie die Zymase an der Zellsubstanz haften und nur schwer im unveränderten Zustand aus dieser freigemacht werden können:

1. Zu den Ektotoxinen gehören:

α) Die Fäulnisalkaloïde. Amine, Diamine und Ammoniumbasen (Cholin) werden namentlich im Anfangsstadium der Fäulnis von zahlreichen Bakterien geliefert; sie lassen sich hauptsächlich in Form von Platin- oder Goldchlorid-Doppelsalzen rein gewinnen (Brieger). Einige sind ungiftig (Ptomaïne oder Kadaveralkaloïde), andere zeigen mäßige oder heftige Giftwirkung. Die Menge der letzteren in einem faulenden Substrat ist immer sehr gering; die beim Menschen

praktisch vorkommenden Vergiftungen durch bakterienhaltige Nahrung usw. sind daher auf diese Toxine gewöhnlich nicht zurückzuführen.

β) lytische Fermente, welche gewisse Zellen aufzulösen vermögen. Sehr verbreitet sind namentlich Hämolysine, sezernierte Stoffe, welche die Erythrozyten lösen und das Blut lackfarben machen; ferner Leukolysine, lösen Leukozyten auf. Manche lösen besondere Zellarten, wie die Zellen des Bindegewebes, des Nierengewebes usw. Auch die Lösung von Bakterienzellen gehört hierher (vgl. oben „Nukleasen").

γ) spezifische Toxine, oft neben den vorgenannten Lysinen von bestimmten Bakterienarten produziert und von perniziösester Wirkung auf die nervösen Zentralorgane, Herz- und Atmungszentren usw. Früher als Albumosen aufgefaßt und als Toxalbumine bezeichnet; die Albumosen-Reaktionen treten aber um so mehr zurück, je reiner das Toxin dargestellt wird. Den Ektoenzymen ähnliche Gruppe, zu der auch die Schlangengifte und die Phytalbumosen (Ricin, Abrin) gehören. Auf derartigen Toxinen beruht vorzugsweise die Wirkung der Diphtherie-, der Tetanusbazillen und des Erregers der sog. Wurstvergiftung, des B. botulinus, im Körper des empfänglichen Warmblüters; vom Tetanustoxin töten 0,00005 mgr eine Maus von 15 gr, d. h. es ist noch 200 mal giftiger als Strychnin. — Manche Gifte wirken erst nach wochenlanger Inkubation.

2. Zu den Endotoxinen rechnet man:

α) Die Bakterienproteïne; hitzebeständige, durch Kochen und durch Einwirkung von Kalilauge u. dgl. aus den Bakterienleibern gewonnene Substanzen, die im Körper des Warmblüters bei der Auflösung von Bakterien durch dessen bakteriolytische Schutzstoffe frei werden. Sie haben positiv chemotaktische Wirkung gegenüber Leukozyten, locken diese an und führen zu Entzündung und Eiteransammlung (phlogogene Wirkung), sie wirken außerdem lymphagog, ferner pyrotoxisch, fiebererregend. Größere Mengen, intraperitoneal einverleibt, können den Tod der Versuchstiere durch Lähmung der Zirkulations- und Atmenzentren herbeiführen. Die Toxizität bzw. die Toxinmenge ist je nach der Bakterienspezies verschieden; manche Arten liefern auch Bakterienproteïne von spezifischer Wirkung.

β) Spezifische, nicht hitzebeständige Endotoxine sind in der Leibessubstanz der Bakterien enthalten, können aber im Laboratorium schwer unzersetzt aus dieser gewonnen werden, während sie im Inneren des Tierkörpers sich oft wie sezernierte Ektotoxine verhalten. Meist sind mehrere verschieden wirksame Stoffe in der Leibessubstanz enthalten; z. B. Antigene, d. h. Stoffe, welche die Bildung von Schutzstoffen im Körper anregen; zweitens Aggressine, d. h. Stoffe, welche gewisse Schutzvorrichtungen des Körpers zu lähmen vermögen (und teilweise auch als Antigene, teilweise als Toxine fungieren, s. unten); drittens Toxine, die auf gewisse Zellgruppen des Warmblüters giftig wirken und oft gleichzeitig als Antigene oder Aggressine eine Rolle spielen.

Um diese Stoffe zu bekommen, kann man entweder die Bakterienleiber trocken zerreiben; oder auspressen; oder kurze Zeit mit Aceton behandeln; oder gefrieren lassen und verreiben. In den so erhaltenen „Plasminen" sind zwar alle Stoffe in leichter aufschließbarer Form vorhanden, aber auch die Bakterienproteïne sind zugegen. Um letztere auszuschließen und speziell die Aggressine oder die Antigene zu gewinnen, hat man z. B. Erhitzen der völlig trockenen Leiber 3 Stunden auf 130° versucht; oder Autolyse, indem man die feuchte Kulturmasse ohne Zusatz oder mit Zusatz von etwas destilliertem

Wasser bei 37° sich selbst überläßt, oder indem man die durch Bakterieninjektion bei Tieren erzielte Exsudatflüssigkeit benutzt. Je kürzer und schonender man dabei verfährt, um so reinere Aggressine bezw. Antigene erhält man.

Schließlich ist noch als eine besondere Lebensäußerung der Bakterien die **Krankheitserregung** im tierischen und menschlichen Körper aufzufassen, die zum Teil auf der Produktion der eben besprochenen Toxine, zum Teil auf massenhafter Vermehrung der eingedrungenen Spaltpilze im Blut und in den Organen des lebenden Tieres beruht. Zur Krankheitserregung sind keineswegs alle Spaltpilzarten befähigt; die größte Mehrzahl sind vielmehr exquisite Saprophyten, welche stets nur auf abgestorbenem Material wuchern und schlechterdings nicht befähigt sind, im lebenden Körper des Warmblüters sich zu vermehren oder dort irgend eine Störung hervorzurufen. Von solchen saprophytischen Arten kann man viele Millionen direkt in die Blutbahn eines Tieres injizieren, ohne daß irgend welche Reaktion seitens des Körpers auftritt. Tötet man das Tier kurze Zeit nach der Injektion, so sind bereits alle injizierten Bakterien abgestorben. Bei manchen Arten kann höchstens durch die beim Absterben frei werdenden Proteïne eine vorübergehende Schädigung hervorgerufen werden.

Gegenüber diesen harmlosen Saprophyten gibt es obligate Parasiten unter den Bakterien, welche ausschließlich im lebenden Körper sich vermehren und totes Nährsubstrat verschmähen.

Drittens haben wir noch fakultative Parasiten zu unterscheiden, die zwar auf totem Material gut fortkommen, in unserer Umgebung also gelegentlich sich vermehren oder doch leicht künstlich zu kultivieren sind, die aber andererseits auch im lebenden Körper gedeihen und in diesem Krankheiten erregen können.

Bemerkenswert ist, daß alle die aufgezählten Lebensäußerungen nicht konstante Attribute der einzelnen Art sind, sondern beim Wechsel der Lebensbedingungen nicht nur vorübergehend, sondern auch dauernd eine Änderung erfahren können. So geht die Farbstoffproduktion mancher Pigmentbakterien durch Züchtung bei höherer Temperatur verloren; die Produktion tryptischen, die Gelatine verflüssigenden Ferments kann sistieren; das Gärvermögen kann verloren gehen; die Toxinlieferung ist erheblichen Schwankungen unterworfen, und auch die Krankheitserregung kann graduell abgeschwächt werden oder sich ganz verlieren.

4. Absterbebedingungen der Spaltpilze.

Der vorübergehende Verlust einer einzelnen Lebensäußerung durch ungünstige Existenzbedingungen bedeutet die niederste Phase der

Schädigung des Bakterienlebens. Diese geht in ein vorgeschritteneres Stadium über, wenn Lebensäußerungen wie Farbstoff-, Toxinlieferung, Gärvermögen usw. *dauernd* in Verlust geraten. Am wichtigsten ist eine dauernde Einbuße an Energie der *Krankheitserregung*, die viele pathogene Bakterien durch schädigende Einflüsse erleiden. Sie wird gewöhnlich als „*Abschwächung*“ bezeichnet; häufig geht mit ihr eine Schwächung der gesamten Lebensenergie, eine Verlangsamung der Vermehrung und eine geringere Resistenz gegen Schädlichkeiten einher. Genaueres über diese Abschwächung s. unten.

Abgesehen von dieser Beeinflussung einzelner Lebensäußerungen unterscheidet man bei dem Einfluß äußerer Schädlichkeiten auf die allgemeinen Lebenseigenschaften der Bakterien zwei Stufen: *Erstens* die Überführung in einen Zustand latenten Lebens. Es tritt dabei eine Hemmung des Wachstums und der Vermehrung, oder eine Hemmung des Auskeimens der Sporen ein, welche aber zunächst nur so lange anhält, wie das schädigende Moment einwirkt. Sobald rechtzeitig Beseitigung des schädigenden Einflusses erfolgt, beginnt sogleich wieder lebhafte Vermehrung.

Eine solche **Entwickelungshemmung** kann z. B. hervorgerufen werden durch das Fehlen oder die Beschränkung irgend eines notwendigen *Nährstoffs*, z. B. durch mäßige *Wasserentziehung* (praktisch verwendet zum Konservieren vieler Nahrungsmittel). Ferner wird die Vermehrung zum Stillstand gebracht durch *niedrige Temperatur*, und zwar ist der in dieser Weise wirksame Temperaturgrad je nach der Spaltpilzart und nach den jeweiligen sonstigen Bedingungen verschieden. Das Wachstum der Tuberkelbazillen sistiert bei einer Temperatur unter 25°; für andere pathogene Bakterien liegt die kritische Temperatur unter 15—16°; für viele Saprophyten unter 5°, für einige erst unter 0°.

Außerdem kann eine Entwickelungshemmung durch Zusatz sehr kleiner Mengen von gewissen *chemischen Substanzen* zum Nährsubstrat oder auch durch *Stoffwechselprodukte* der Bakterien (s. S. 501) erreicht werden; die nebenstehende Tabelle gibt — soweit eine vergleichende Übersicht aus den verschiedenen, nicht nach einheitlicher Methode ausgeführten Versuchen überhaupt entnommen werden kann — ungefähre Zahlen dafür, in welcher Konzentration diese auf verschiedene Bakterienarten wirken.

Die Wirksamkeit der Gifte läßt sich quantitativ dadurch feststellen, daß man verschiedene Mengen des Mittels der Nährgelatine, resp. Bouillon oder Serum zufügt und nun beobachtet, ob das Wachstum der betreffenden Bakterienart vollständig oder teilweise behindert ist. Man findet dabei oft ein ganz verschiedenes Verhalten der einzelnen Bakterienarten; ferner ist aber sehr wohl

Bakterienhemmende Mittel	Hemmt die Entwickelung von: Milzbrand-bazillen	Fäulnis-bakterien (in Bouillon)	anderen Bakterien
Wasserstoffsuperoxyd		1 : 20000	
Chlor	1 : 1500	1 : 4000	
Brom	1 : 1500	1 : 2000	
Jod	1 : 1500	1 : 5000	
Jodkalium		1 : 7	
Chlornatrium	1 : 60	1 : 12	
Schwefel- oder Salzsäure	1 : 3000	1 : 400	Cholera 1 : 6000 Diphtherie 1 : 3000 Rotz 1 : 700
Schweflige Säure		1 : 6000	Typhus 1 : 500 Cholera 1 : 1000
Arsenige Säure		1 : 200	
Borsäure	1 : 800	1 : 100	
Borax		1 : 40	
Kalilauge	1 : 700		Diphtherie 1 : 600 Cholera, Typhus 1 : 400
Ammoniak	1 : 700		Cholera, Typhus 1 : 500
Soda			Cholera, Typhus 1 : 45
Ätzkalk			Cholera, Typhus 1 : 1100
Silbernitrat	1 : 60000	1 : 10000	Cholera, Typhus 1 : 50000
Quecksilberchlorid	1 : 100000	1 : 20000	Typhus 1 : 60000
Kupfersulfat	in Serum 1 : 10000	1 : 1000	
Eisenvitriol		1 : 90	
Kaliumpermanganat	1 : 1000	1 : 500	
Formalin (40 % Formaldehyd)		1 : 4000	Cholera 1 : 20000 Staphyl. 1 : 5000
Alkohol	1 : 12	1 : 10	
Essigsäure, Oxalsäure usw.		1 : 400	
Senföl	1 : 30000	1 : 3000	
Karbolsäure	1 : 800	1 : 500	Diphtherie 1 : 500 Typhus 1 : 400 Cholera 1 : 600
Benzoesäure	1 : 1000		
Salizylsäure	1 : 1500	1 : 1000	
Thymol	1 : 10000	1 : 3500	
Kampfer	1 : 1000		
Chinin	1 : 600		
Terpentinöl	1 : 8000		
Pfefferminzöl	1 : 3000		
Kaliseife	1 : 1000		

auf die gesamten übrigen Lebensbedingungen zu achten; z. B. auf die Temperatur, Nährstoffe, Reaktion usw.; werden die Bakterien auf dem Temperaturoptimum gehalten, so ertragen sie manche schädliche Momente reaktionslos, die bei ungünstigerer Temperatur schon merklichen Einfluß äußern.

Zweitens: von der Entwickelungshemmung wesentlich verschieden ist die Tötung der Bakterien, welche jedes Leben derselben unmöglich macht, auch nachdem die schädigenden Mittel wieder entfernt und die besten Lebensbedingungen hergestellt sind. Eine solche Tötung kann aus der Entwickelungshemmung hervorgehen und durch die gleichen Mittel wie diese bewirkt werden, wenn die Dauer der Einwirkung verlängert wird; sie kann ferner in relativ kurzer Zeit erreicht werden dadurch, daß das hemmende Mittel konzentrierter und energischer angewendet wird. Konzentration und Dauer der Einwirkung sind daher bei jeder Abschätzung eines bakterientötenden Mittels genau zu berücksichtigen. Die Wirksamkeit variiert je nach der Bakterienart; ferner je nach dem Alter der Individuen. Jüngere Individuen scheinen resistenter zu sein als ältere, der Involution nahe; Sporen sind oft enorm viel widerstandsfähiger als die vegetativen Formen. Von großem Einfluß sind außerdem auch hier die übrigen gleichzeitig vorhandenen Lebensbedingungen, Temperatur, Nährsubstrat usw.; durch gleichzeitige geringe Erhöhung der Temperatur ist der Effekt der schädigenden Mittel meist erheblich zu steigern. — Zu beachten ist auch, daß bei Anwendung chemischer Agentien der Zusammensetzung des Nährsubstrats eine besondere Bedeutung zukommt, insofern das gleiche Mittel in dem einen Substrat vielleicht unverändert bleibt und zur vollen Wirkung gelangt, während es in anderen eine teilweise Zersetzung erfahren und dadurch wesentlich geschwächt werden kann. Von größter Bedeutung endlich ist das Lösungsmittel, in welchem Bakterien und Chemikalien aufeinander treffen. Letztere wirken meistens nur durch die bei der Dissoziation in dem betreffenden Lösungsmittel frei werdenden Ionen; wirksame Lösungen liefern daher nur Wasser oder wässriger Alkohol, während konzentrierter Alkohol oder Öl für Desinfektionsmittel ungeeignete Lösungsmittel sind.

Bei der Prüfung und Vergleichung der bakterientötenden Mittel sind alle diese Verhältnisse in Rechnung zu ziehen. — Die Prüfung geschieht in der Weise, daß eine gewisse, annähernd gleiche Menge einer frischen, feuchten, oder auch an Deckgläsern, Granaten, Sandkörnern usw. vorsichtig angetrockneten Kultur eine gemessene Zeit mit den zu prüfenden Mitteln in Berührung gebracht wird. Dann wird das Material mit Nährgelatine gemischt in Platten ausgegossen oder besser in Bouillon oder Serum bei 35° gehalten. Werden chemische Substanzen geprüft, so müssen die Deckgläser resp. Granaten, nachdem sie aus der Giftlösung herausgenommen sind, mehrfach in destilliertem Wasser abgespült werden, damit keine Spur des Giftes in die Nährgelatine

übertragen wird und dort etwa hemmend auf das Wachstum wirkt. Die Kulturen werden mehrere Tage in Brütofen gehalten; ist dann in denselben jede Bildung von Kolonien ausgeblieben, so sind die betreffenden Bakterien als getötet anzusehen.

Bakterientötende Mittel	Vernichtet: Strepto- und Staphylokokken	Vernichtet: Milzbrand-, Typhus-, Cholerabazillen		Vernichtet: Milzbrandsporen
	innerh. 5 Min.	innerh. 5 Min.	in 2—24 St.	
Wasserstoffsuperoxyd	3 : 100	1 : 200	1 : 500	1:100 n. 1 St.
Chlor	0·03 %	0·03 %	0·005 %	0·02 % in 1 St.
Jodtrichlorid . . .	1 : 200	1 : 1000		1:1000 (½ Tg.), 1 % sofort
Schwefel- od. Salzsäure	1 : 10	1 : 100	1 : 1500 Typhus 1:700	1 : 50 n. 10 Tagen
Borsäure			1 : 30	unvollständig selbst in konz. Lösung
Kalilauge	1 : 5		1 : 300	
Ammoniak			1 : 300	
Soda			1 : 40	
Ammoniumkarbonat .			1 : 100	
Ätzkalk		5 : 1000	1 : 1000	
Silbernitrat	1 : 1000		1 : 4000	1 : 1500 in Wasser 1 : 3000 in Serum
Quecksilberchlorid .	1 : 10000—1000	1 : 2000	1 : 10000	1:1000 2 St.
Kaliumpermanganat .	1 : 200			1:50 in 40 Min.
Chlorkalk		1 : 100	1 : 500	
Alkohol	5 % n. 5 Min.	5 % n. 10 Min.		
Chloroform			1 : 14	
Formalin	1 : 20	1 : 20	1 : 100	1:80 in 1½ St.
Karbolsäure	1 : 60	Cholera 1:200 Typhus 1:50	1 : 300	1:20 in 4 Tagen (bei 40° in 3 Stunden)
Kreosolseife	1 : 40	1 : 40		1:10 n. 12 St.

Besonders beachtenswert sind diejenigen schädigenden Einflüsse, welche innerhalb unserer natürlichen Umgebung ein Absterben von Bakterien in größerem Umfange zu bewirken vermögen. Dahin gehört fortgesetztes Fehlen von Nährstoffen, infolgedessen sporenfreie Bakterien den Inanitionstod erleiden, und zwar einige Arten schon

nach Stunden, andere erst nach Monaten und Jahren. In Kulturen von Cholerabazillen pflegen nach 36 Stunden nur noch 1 Prozent der Bazillen vorhanden zu sein, die ursprünglich zur Entwickelung gekommen waren. In ähnlicher Weise haben wir in jeder Bakterienkultur mit einem umfangreichen Absterben zahlreicher Individuen und dem Überleben relativ weniger besonders widerstandsfähiger zu rechnen. — Ferner erfolgt Schädigung durch gleichzeitig auf demselben Substrat wuchernde andere Bakterienarten und deren Stoffwechselprodukte (Säure, Alkali); sodann durch Temperaturen von 45—60°, wie sie namentlich an der besonnten Bodenoberfläche häufig vorkommen. Hervorzuheben ist weiter der Einfluß des Lichts, besonders des direkten Sonnenlichts; durch letzteres werden bei Gegenwart von Luft und Wasser sogar Milzbrandsporen innerhalb einiger Stunden bis Tage getötet. Auch diffuses Tageslicht ist imstande, nach mehrtägiger Einwirkung auf die Kulturen z. B. Tuberkelbazillen zum Absterben zu bringen. — Besonders bedeutungsvoll und in großem Maßstabe in der Natur wirksam ist noch die Wasserentziehung, das Austrocknen der Bakterien. Zahlreiche Mikrokokken, Spirillen und Bazillen vertragen durchaus keine intensivere Wasserentziehung. Die an trockenen Objekten haftenden Bakterien, namentlich die im ganzen empfindlicheren pathogenen, sind daher oft nicht mehr lebensfähig; solche Arten können auch niemals durch Luftstaub verbreitet werden, da in letzteren nur völlig trockene Organismen übergehen. Für die Infektionsgefahr, welcher wir durch eine bestimmte Spaltpilzart ausgesetzt sind, ist es daher von großer Bedeutung, ob die Individuen der betreffenden Art beim völligen Austrocknen sich lebensfähig erhalten (vgl. S. 95).

Die künstlich anwendbaren Tötungsmittel sind praktisch wichtig, weil sie zur Desinfektion von Kleidern, Wohnungen, Latrinen usw. benutzt werden. Welche bakterientötende Mittel hier am besten Verwendung finden, und wie sich im Einzelfall die Technik der Desinfektion gestaltet, das ist in einem späteren Kapitel zu erörtern; hier sei nur eine Übersicht der desinfizierenden Mittel gegeben. Zunächst ist hohe Temperatur zu erwähnen. In flüssigen Substraten oder in Dampf sind 50—60° im allgemeinen ausreichend, um bei einer Einwirkungsdauer von 10—60 Minuten sporenfreie Bazillen und Mikrokokken zu töten. Einige Arten erfordern höhere Wärmegrade oder längere Einwirkung. Sporen gehen vielfach erst durch eine Temperatur von 100° zugrunde, welche 2—15 Minuten, bei einzelnen saprophytischen Arten sogar 5—16 Stunden einwirken muß.

Erfolgt die Erhitzung im trockenen Zustand und in relativ trockener Luft, so ist offenbar das Eindringen der Hitze erschwert und

die das Absterben begleitenden Änderungen des Protoplasmas kommen nicht so leicht zustande, als wenn dieses einen gewissen Wassergehalt besitzt. Trockene Luft tötet daher dieselben Sporen erst bei einstündiger Einwirkung von 140—160° oder bei 48stündiger Einwirkung von 80°, welche in kochendem Wasser oder Wasserdampf innerhalb 5—10 Minuten zugrunde gehen.

Niedere Temperaturen, auch unter 0°, wirken nur in geringem Grade schädigend. Manche besonders empfindliche Bakterienarten gehen durch Gefrieren zugrunde; von anderen Arten sterben die älteren, weniger widerstandsfähigen Individuen ab; die Mehrzahl der sporenfreien und wohl alle sporenhaltige Bakterien bleiben dagegen lebensfähig.

Ferner sind zur Tötung der Bakterien zahlreiche chemische Substanzen geeignet und zwar im wesentlichen die gleichen wie die zur Entwickelungshemmung benutzten. Die Tabelle S. 509 gibt über die Wirksamkeit der wichtigsten chemischen Tötungsmittel gegenüber vorsichtig angetrockneten Bakterien Auskunft, jedoch nur in ganz annähernder Weise, da die Einzelzahlen nicht nach einheitlicher und den oben präzisierten Forderungen entsprechender Methode gewonnen sind.

Chlor, Brom und Jod desinfizieren sehr energisch, sind aber in der Praxis der Desinfektion wenig anwendbar, weil sie alle Gegenstände zu stark beschädigen. Ozon wirkt erst in größerer Konzentration bakterientötend (s. S. 80). Wasserstoffsuperoxyd desinfiziert schon in 1 proz. Lösung kräftig und ist praktisch verwendbar. — Die Mineralsäuren sind untereinander ziemlich gleichwertig; sporenfreie Bakterien werden durch 1 proz. Lösung in wenigen Minuten vernichtet. Die Alkalien wirken in Form der Ätzalkalien zwei- bis dreimal schwächer als Säuren, erheblich geringer in Form der Karbonate. Die Ammonverbindungen stehen hinter den übrigen Alkalien zurück. Seifenlösungen sind sehr verschieden wirksam; die käufliche Schmierseife wirkt hauptsächlich durch Überschuß an freiem Alkali, der aber inkonstant ist; andere Seifen, insbesondere solche, welche gesättigte Fettsäuren enthalten, wirken erheblich besser. Im allgemeinen ist bei den käuflichen Seifen ein Desinfektionserfolg nur auf die gleichzeitige Erwärmung (50—60°) zu schieben und von gleich warmem Wasser nicht wesentlich verschieden. — Energisch desinfizierende Wirkung kommt ferner dem Ätzkalk zu. Diesem weit überlegen sind aber Kupfer-, Silber-, Gold- und Quecksilbersalze. Letztere repräsentieren unser wirksamstes und am meisten anwendbares Desinfektionsmittel.

Unter den organischen Verbindungen ist das Chloroform als gutes Desinfiziens zu nennen; mit Chloroform gesättigtes Wasser tötet sporenfreie Bakterien rasch ab. Jodoform wirkt auf fast alle Bakterien gar nicht schädigend (Ausnahme: Cholerabazillen); zur Wundbehandlung ist es trotzdem verwendbar, weil anscheinend unter dem Einfluß gewisser Bakterien und Zersetzungen in der Wunde Abspaltung von Jod erfolgt. Formaldehyd in

40 proz. wäßriger Lösung (Formalin) hemmt in 1 p. m.-Lösung die Bakterienwucherung; bei erheblich höheren Konzentrationen tötet es Bakterien, selbst Sporen. In Gasform ist Formaldehyd bei Einhaltung einer bestimmten Konzentration und Zeitdauer der Einwirkung imstande, alle auf den Flächen und in der Luft eines Zimmers vorhandenen pathogenen Bakterien abzutöten. Formaldehyd spielt daher in der Praxis der Desinfektion eine sehr wichtige Rolle. — Auch verdünnter Äthylalkohol wird praktisch als Desinfektionsmittel verwendet, besonders zur Händesterilisation vor aseptischen Operationen. Absoluter Alkohol wirkt ganz unvollkommen, am besten 50 bis 60 proz. Alkohol.

Verbreitete Desinfizientien finden sich unter den Körpern der aromatischen Reihe. Bis vor einigen Jahren hielt man die Karbolsäure für besonders wirksam; es zeigte sich aber, daß wirksamere Körper gegeben sind in den Kresolen (Oxytoluolen) und anderen homologen Phenolen, die neben Karbol im Teer und in der rohen Karbolsäure enthalten sind. Um die schwer löslichen, resp. unlöslichen Kresole löslich zu machen, wird entweder Schwefelsäure zu roher Karbolsäure zugesetzt, so daß sich Kresolsulfosäuren bilden oder die Kresole werden mit Seifenlösung emulgiert (Kresolseifenlösung); oder die Kohlenwasserstoffe und Kresole des Teeres werden durch Harzseife emulgiert (Kreolin); oder aus einem an Kresolen reichen Teeröl wird durch Leinölseife eine Lösung hergestellt (Lysol); oder die Kresole sind durch kresotinsaures Natrium (Solveol) bezw. durch Kresolnatrium (Solutol) in Lösung gebracht; oder endlich rohes Karbol ist mit Mineralöl gemischt, so daß die Mischung auf Wasser schwimmt; allmählich lösen sich dann von oben her Kresole in den zu desinfizierenden Flüssigkeiten (Saprol). — Von diesen Präparaten ist das praktisch wichtigste die offizinelle Kresolseife, Liquor Cresoli saponatus, ein Gemisch von gleichen Teilen Rohkresol und Kaliseife, das in 5 proz. Lösung zur Verwendung kommt.

Bemerkenswert sind unter den organischen Desinfizientien noch die ätherischen Öle, die in vielen Parfüms enthalten sind; ferner die Anilinfarbstoffe, wie Methylviolett (Pyoktanin) und Malachitgrün, die in Verdünnungen von 1 : 1000 manche sporenfreie Bakterien rasch abtöten.

5. Die diagnostische Unterscheidung und systematische Einteilung der Spaltpilzarten.

Früher haben einige Botaniker wohl die Ansicht geäußert, daß die Spaltpilze ein derartiges Anpassungsvermögen besitzen, daß sie ihre Form und ihre Funktionen je nach dem Substrat ändern, auf welchem sie gerade leben und daß daher Spezies mit konstanten Charakteren sich überhaupt nicht aufstellen lassen. Die Ansicht hat jedoch durch die zahlreichen Forschungen der letzten Jahre keine Bestätigung gefunden. Wir sehen vielmehr, daß distinkte Spezies und Varietäten bei den Spaltpilzen in der nämlichen Weise existieren, wie bei den Schimmelpilzen und bei den höheren Pflanzen. Manche Spaltpilze bewahren sogar ihre Artcharaktere mit ganz besonderer Zähigkeit. Bei anderen dagegen treten allerdings mit der Variierung der Lebens-

bedingungen Abweichungen von ihrem sonstigen Verhalten ein, und zwar geringere morphologische und weitergehende Änderungen in bezug auf Lebensbedingungen und Lebensäußerungen. In vorstehendem ist auf diese Variationen bereits mehrfach hingewiesen (s. S. 505).

Die beobachteten Abweichungen halten sich indes meist innerhalb solcher Grenzen, daß sie keineswegs zu einem völligen Verwischen aller Artcharaktere führen, sondern vielmehr einen Teil der Arteigentümlichkeiten bilden; je vollständiger sie erkannt werden, um so besser wird die Abgrenzung der Art gelingen.

Für die praktische Verwertung unserer Kenntnisse über die Mikroorganismen ist dies von außerordentlicher Bedeutung. Andernfalls würde weder jemals eine diagnostische Unterscheidung und Erkennung von Spaltpilzen möglich sein, noch könnten wir mit irgend welcher Aussicht auf Erfolg mit Spaltpilzen experimentieren und zu wirklichen Fortschritten in der Erkenntnis des Verhaltens der Infektionserreger gelangen.

Als Klassifikationsprinzip eignen sich: **Erstens** morphologische Merkmale. Unter diesen scheint sich der Modus der Fruktifikation, also der Sporenbildung und Sporenkeimung, am konstantesten zu erhalten. Da diese Vorgänge indessen sehr schwierig zu beobachten und für viele Bakterien noch gar nicht erforscht sind oder überhaupt nicht vorliegen, müssen vorläufig andere morphologische Merkmale zur Klassifikation benutzt werden. Vor allem ist die verschiedene Wuchsform der Bakterien als Mikrococcus, bezw. Bacillus (Bacterium) oder Spirillum in Betracht zu ziehen, da dieselbe mit wenigen Ausnahmen von der einzelnen Art zäh festgehalten wird. Die systematische Einteilung der Spaltpilze stützt sich daher zweckmäßig zuvörderst auf drei große Abteilungen: Coccaceae, Bacillaceae (Bakteriaceae), Spirillaceae, wobei unter die Coccaceae nur solche Bakterienarten gerechnet werden, welche bei ihrer Vermehrung ausschließlich kugelige Individuen bilden; unter die Bacillaceae solche, welche für gewöhnlich als Stäbchen oder Fäden, zuweilen als Sporen, niemals aber als Mikrokokken, d. h. mit fortgesetzter Vermehrung in Kugelform vorkommen; und unter die Spirillaceae solche Arten, welche stets als kürzere oder längere Stücke von Schrauben erscheinen und bei ihrer Vermehrung immer wieder solche Schrauben produzieren.

Zweitens können biologische Merkmale zur Differenzierung benutzt werden. Wenn auch die morphologischen Kennzeichen wohl ausreichen, um jene großen Abteilungen zu begründen, so ist es doch unmöglich, eine weitere Unterscheidung nach solchem Prinzip durch-

zuführen. Dazu sind die unter den verschiedenen Arten hervortretenden Formdifferenzen viel zu geringfügig.

Vor allem bietet das Aussehen der Kolonien auf einem bestimmten Nährboden augenfällige Differenzen.

Berücksichtigt man zunächst nur einen sog. normalen Nährboden, nämlich die mehrerwähnte Nährgelatine, so zeigen sich bereits auf dieser die Kolonien verschiodener Arten von ganz ungleichem Aussehen. Auf den Platten bildet die eine Art weiße trockene Häufchen, die andere weiße schleimige Tropfen, eine dritte Kolonie verflüssigt die Gelatine in ihrem Umkreis und sinkt auf den Boden des hergestellten Verflüssigungskraters; wieder andere Kolonien zeigen lebhaft gelbe, grüne, rosarote, dunkelrote Farbe. Ferner zeigt das mikroskopische Bild der jüngsten Kolonien sehr charakteristische Differenzen. Dieselben erscheinen bald als runde, scharf konturierte, bald als unregelmäßige Scheiben mit vielfach gezacktem und gezähneltem Kontur. Bald sind sie weißlich oder hellgelb von Farbe, bald dunkelbraun bis schwarz; bald zeigen sie eine homogene Oberfläche, bald ist diese von tiefen Furchen durchzogen. Auch die sogenannten „Stich- und Strichkulturen" in Nährgelatine liefern manches interessante Merkmal.

Oft bietet die Art des Wachstums auf anderen Nährsubstraten brauchbare Unterschiede. Z. B. wachsen manche Bakterien auf Nährgelatine gleich, aber auf Kartoffeln, auf zuckerhaltigen Nährböden u. dgl. völlig verschieden. Auch die übrigen Lebensbedingungen, oder aber die Absterbebedingungen gewähren Unterscheidungsmerkmale, wenn die Kulturmethoden versagen. Manchmal zeigt uns das Tierexperiment noch Unterschiede zwischen zwei Arten, welche im übrigen als völlig gleich erscheinen.

Ist eine kleine Gruppe unter sich sehr ähnlicher Bakterienarten aus der Menge der übrigen abgegrenzt, so lassen sich innerhalb dieser Gruppe oft mit Vorteil wieder morphologische Differenzen oder Besonderheiten in der Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe verwerten (Gramsche Färbung). Schließlich geben uns die im Tierkörper durch eindringende Bakterien einer bestimmten Art gebildeten Schutzstoffe ungemein feine und wichtige Hilfsmittel zur Unterscheidung ähnlicher Bakterienarten voneinander.

Findet man zwischen zwei Bakterienarten, von denen verschiedenartige Wirkungen auszugehen scheinen, keine morphologische oder biologische Differenzen, so ist man offenbar nicht berechtigt, infolge eines solchen Mangels von merklichen Differenzen die Bakterien als identisch und beide Krankheiten als ätiologisch einheitlich anzusehen. Unsere Mittel zur Untersuchung und Unterscheidung der Bakterien sind gegenüber deren unendlichen Kleinheit doch noch so unzulänglich, daß sehr wohl typische Differenzen existieren können, welche sich bis jetzt unserer Wahrnehmung entziehen.

Unter Anwendung der aufgezählten Hilfsmittel gelangen wir zu der folgenden provisorischen systematischen Einteilung der Spaltpilze:

I. Coccaceae, Kokken.

A. Streptococcus: Wachstum in einer Richtung. Nach Gram färbbar. Meist spärliches Wachstum. Unbeweglich.

1. Typus des Diplococcus; in manchen Substraten nur Diplokokken, in anderen (namentlich Bouillon) kurze Ketten bildend. Kokken rund oder lanzettförmig.

Dahin gehört als pathogene Art: Diploc. lanceolatus capsulatus, Pneumokokkus, s. unten.

2. Typus des Streptococcus. In Bouillon meist längere Ketten bildend.

Str. mesenterioides (Leuconostoc), der sog. Froschlaichpilz der Zuckerfabriken. Wächst auf zuckerhaltigem Substrat mit dicken (aus Dextran bestehenden) Gallerthüllen; bildet große Gallertklumpen und faltige Häute.

Andere Arten häufig in Milch, Käse usw.

Über Str. pyogenes s. unten.

B. Sarcina: Zellen teilen sich in drei Richtungen des Raums, bilden Pakete. Nach Gram färbbar. Wachstum auf festem Substrat meist als trockene Häufchen. Oft farbig. In Flüssigkeiten mehrere Arten beweglich und geißeltragend. Zahlreiche Arten, z. B. S. alba, flava, aurantiaca, fulva, rosea. Häufig im Luftstaub. Mehrere Arten auch im Mageninhalt.

C. Micrococcus. Zellen teilen sich unregelmäßig in verschiedenen Richtungen, zu 2 oder 4 oder zu regellosen Haufen vereinigt.

1. Typus Diplococcus. Meist breite Kokken, nicht nach Gram färbbar, oft schwer züchtbar.

Micr. gonorrhoeae (s. unten); Micr. intracellularis meningitidis (s. unten) Micr. catarrhalis, häufig im Schleim der Nase.

2. Typus Tetragenus. Kokken bleiben nach der Teilung zu vieren vereinigt; Kapselbildung. Nach Gram färbbar. Üppig wachsend. — M. tetragenus s. unten.

3. Typus Staphylococcus. Regellose Haufen bildend. Reine Kugelform. Leicht wachsend. Weiß oder farbig. M. candicans, aurantiacus, flavus. roseus etc. Pathogen: Staphyl. pyogenes, s. unten.

II. Bacillaceae, Bazillen.

A. Familie Bacillus, Bazillen welche endogene Sporen bilden.

1. Gruppe: Heubazillen. Meist große Bazillen, sehr verbreitet; auffällig widerstandsfähige Sporen. Wachsen üppig in Form dicker Häute. Einzelne liefern heftig wirkende Endotoxine. Vgl. S. 197.
2. Gruppe: Milzbrandbacillus, s. im speziellen Teil.
3. Gruppe: Anaërobe Sporenbildner. Dahin gehören die S. 196 beschriebenen Buttersäurebazillen; ferner als pathogene Arten: Bac. botulinus; Bac. des Rauschbrands, Bac. des malignen Ödems, Bac. des Tetanus, s. unten.

B. Familie Bakterium; ohne endogene Sporenbildung.

1. Gruppe: Fluoreszierende und pigmentbildende Bazillen. Meist kleine Bakterien, erzeugen Pigment in der Kolonie oder grünliche Fluoreszenz in der Umgebung der Kolonien auf Gelatine, mit oder ohne Verflüssigung. Gram negativ. Viele sehr verbreitete Arten; häufig in Wasser. — Phosphoreszierende Arten sind mehrfach aus Meerwasser gezüchtet.
2. Gruppe: Kolibakterien. Bakterien mittlerer Größe, Gram negativ, beweglich und geißeltragend. Auf Nährgelatine meist Häute ohne Verflüssigung bildend. — Stets im Dickdarminhalt. Harmlose, aber auch pathogene Arten; nahestehend: Bac. typhi (s. unten).

3. Gruppe: Aërogenes-Bakterien. Ähnlich den vorigen, aber unbeweglich. B. der Milchsäure-, der Essiggärung usw. Einige Arten harmlose Darmbewohner, andere pathogen, z. B. der B. der Ruhr (s. unten).
4. Gruppe: Bazillen der Pest und der Hühnercholera (Bazillen der hämorrhagischen Sepsis). Kurze Bazillen, an den Polenden färbbar, Gram negativ, unbeweglich, Gelatine nicht verflüssigend. Vorzugsweise Parasiten. B. der Pest, B. der Kaninchensepsis, der Wildseuche, der Hühnercholera usw. s. unten. Oft Übergänge zur 2. und 3. Gruppe.
5. Gruppe: Influenzabacillus. Sehr kleine Bazillen, Gram negativ, wachsen nur auf hämoglobinhaltigem Nährsubstrat. Parasitäre Bedeutung s. unten.
6. Gruppe: Rotlaufbacillus. Sehr feine schlanke Bazillen, in Gelatine feine Fäden bildend ohne Verflüssigung; Gram positiv. B. des Rotlaufs der Schweine; B. der Mäuseseptikämie.
7. Gruppe: Rotzbacillus. Schlanke, sporenfreie, Gramnegative Bazillen. B. des Rotzes, s. unten.
8. Gruppe: Diphtheriebacillus. Keilförmige, Gram positive Bazillen, ältere Indiv. Keulen bildend oder zerfallend. B. diphtheriae; B. der Pseudodiphtherie; B. der Xerose, s. unten.
9. Gruppe: Tuberkelbacillus. Sporenfreie, schlanke Bazillen, säurefest, langsam wachsend, in Kulturen schleimige oder trockene faltige Häute. B. tuberculosis des Menschen, der Rinder, der Vögel, der Kaltblüter; in Milch, auf Gräsern usw. vorkommend verwandte Arten, s. unten.

Die Bazillen der drei letzten Gruppen werden, weil sie verästelte Fäden bilden können, von manchen Autoren zu den Streptothricheen gerechnet.

III. Spirillaceae, Spirillen.

A. Familie Vibrio. Kurze, starre, kommaartig gekrümmte Zellen, zuweilen in schraubenartigen Verbänden. Eine (selten zwei) endständige Geißel. Gram negativ.

Zahlreiche saprophytische Arten namentlich aus Wasser; aber auch aus Käse, Erde, Darmschleim usw.

Pathogen: V. cholerae; V. Metschnikovii (s. unten).

B. Familie Spirillum. Zelle lang, korkzieherartig, starr; Geißelbüschel. Gram negativ.

Verschiedene Arten in Faulflüssigkeiten, Kot usw. Sp. rubrum, tenue, Undula, Rugula, volutans (2—3 μ dick, 30—40 μ lang!).

C. Familie Spirochaete. Biegsame, zugespitzte, spiralig gewundene Fäden. Fortbewegung durch Geißeln. Bei manchen Arten besteht vielleicht eine undulierende Membran; bei diesen nehmen außerdem einige Autoren nicht Quer-, sondern Längsteilung an und rechnen daher diese Spirochäten zu den Protozoën.

Saprophytisch: Sp. des Zahnschleims, Sp. plicatilis. Pathogen: Sp. Obermeieri (Rekurrenserreger); Sp. luis (Syphilis-Spirochäte); Sp. anserina, gallinarum etc. (s. unten).

e) *Protozoën.*

Mit diesem Namen bezeichnet man die niedersten (einzelligen tierischen Lebewesen. Eine scharfe Abgrenzung derselben gegenüber

den einfachsten Pflanzen ist unmöglich, und so kommt es, daß einzelne Formengruppen bald diesem, bald jenem Reiche zugerechnet werden. Dies gilt z. B. von den Spirochäten (s. S. 516); ferner von den Myxomyceten oder Mycetozoën, den Schleimpilzen oder Pilztieren, sowie von den Chytridiaceen. Auch die letzteren haben insofern für uns ein gewisses Interesse, als sie eine parasitische Lebensweise, und zwar meist in höheren oder niederen Pflanzen führen. Nur im Jugendstadium bewegen sie sich frei als mit einer Geißel versehene protoplasmatische Körper, dringen dann nach Verlust ihrer Geißel unter amöboiden Formveränderungen in ihre Wirtszellen ein und gelangen innerhalb derselben zum Wachstum und schließlich durch sukzessiv wiederholte Zweiteilung zur Vermehrung.

Die eigentlichen Protozoën bestehen aus einem Zellprotoplasma, bei welchem man ein flüssigeres Hyaloplasma und ein festeres Spongioplasma unterscheiden kann. An der Oberfläche findet sich oft dichteres Ektoplasma. Im Inneren sind Vakuolen sehr verbreitet, die Flüssigkeitstropfen enthalten und vielfach kontraktil sind (Exkretionsorgane?).

Die stets vorhandenen Kerne zeigen eine sehr verschiedene Form; bei der Teilung vorzugsweise Spindelform. Äußerlich pflegt eine Art von Kernmembran vorhanden zu sein, innen ein sog. achromatisches Gerüstwerk, d. h. ein Netzwerk von dichtem, nach Romanowsky (s. S. 490) nicht rot gefärbtem Plastin, und auf diesem in Form von Strängen und Körnern das Chromatin, das sich nach Romanowsky intensiv rot färbt. — Schädliche Einflüsse können das normalerweise konstante Verhältnis zwischen Plastin und Chromatin verschieben, z. B. das Plastin übermäßig anwachsen und das Chromatin zusammenschrumpfen lassen, und dadurch das Aussehen des Kerns verändern. — Außer dem eigentlichen Kern kommen nicht selten im Plasma noch kleine die Chromatinfärbung annehmende Elemente vor, die sog. Chromidien.

Die Fortbewegung der Protozoën erfolgt durch Aussendung von Pseudopodien; oder durch Cilien; oder durch Geißeln bezw. undulierende Membranen (Plasmalamellen), die sich an beiden Seiten des Zellleibes hinziehen und in eine Geißel enden können. Die Geißeln nehmen ihren Ursprung entweder vom Kern, oder aus einer besonderen Geißelwurzel (Blepharoplast, Basalkörperchen), und nehmen gleich dieser die Chromatinfärbung an.

Die Fortpflanzung vollzieht sich entweder durch einfache Quer- bezw. Längsteilung (bei inäqualen Teilen = Knospung); oder durch rasch nacheinander fortgesetzte Teilung, so daß zahlreiche kleine Elemente entstehen = Zerfallsteilung, Schizogonie, Teilung in Schizonten.

Jedes der neuentstandenen Individuen erhält dabei einen Teil des Chromatins.

Droht den Protozoën Gefahr, so tritt häufig eine Abweichung von der gewöhnlichen Schizogonie ein, nämlich Enzystierung, und innerhalb der widerstandsfähigen Hülle Zerfall in kleine Teile, die gleichfalls mit derberer Hülle als die Schizonten versehen sind = Sporozoïten. Oft bilden sich in der enzystierten Zelle zunächst einige größere kugelige Gebilde, die Sporoblasten; und erst in diesen entstehen die Sporozoïten. Meistens geht diesem Modus der Fortpflanzung eine geschlechtliche Kopulation voraus. Sie kann innerhalb der Zyste zwischen den durch Teilung vermehrten Kernen erfolgen; gewöhn-



Fig. 131.
Amöbenteilung, 500 : 1.

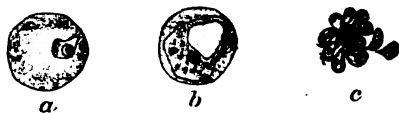


Fig. 132. Schizogonie, 1000 : 1.
a junge Amöben in einer Wirtszelle. *b* dieselbe herangewachsen. *c* dieselbe in Schizogonie.

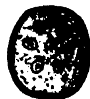


Fig. 133.
Encystierung und Sporozoïtenbildung bei Amöben, 500 : 1.

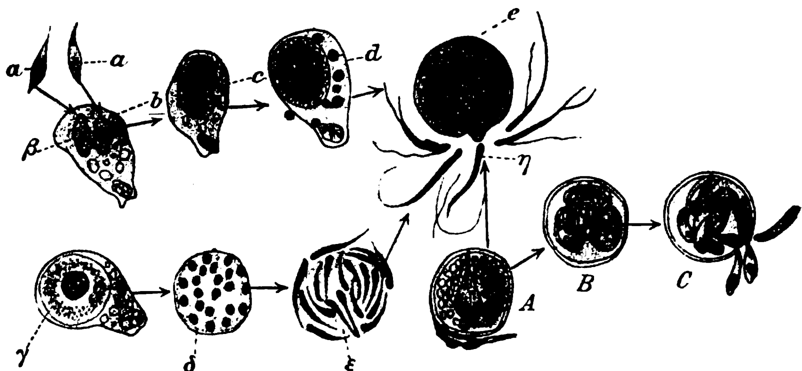


Fig. 134. Geschlechtliche Kopulation bei Protozoën. *α—ε* allmähliche Entwickelung des weiblichen Gameten. *a—η* allmähliche Entwickelung des männlichen Gameten. *A* vollendete Kopulation; Bildung der Kopulationsspindel. *B* Encystierung und Sporoblastenbildung. *C* Sporozoïten.

lich wird sie aber eingeleitet durch geschlechtlich differenzierte Gameten; d. h. die Schizonten zeigen gewisse Differenzen in der Menge und Anordnung des Chromatins; es bilden sich weibliche Makrogameten und kleinere männliche Mikrogameten aus; letztere dringen

in den Makrogameten ein, und es kommt zur Bildung einer Syzygie und zu einer vollständigen Verschmelzung der Zell- und Kernmassen (nicht wie bei der sog. Konjugation nur teilweise durch Aneinanderlagerung ermöglichte Verschmelzung). Der Makrogamet läßt vielfach eine „Kopulationsspindel" als Ausdruck der Kernverschmelzung erkennen; gleichzeitig umgibt er sich nach außen mit einer derben Hülle. Schließlich erfolgt im Inneren die Bildung von Sporoblasten und von gleichfalls widerstandsfähigen Sporozoïten.

Die Protozoën leben teils saprophytisch, sind dann an feuchte Substrate gebunden und sehr abhängig von der Temperatur. Sie können sich sowohl von gelösten Stoffen nähren, wie von festen Teilchen, die sie erst intrazellular auszunützen versuchen. Teils leben sie als Parasiten bei höheren Tieren, sei es daß sie nur als Kommensalen ohne Schädigung des Wirts von dessen Abfallstoffen leben, oder als Symbionten sogar dem Wirt gewisse Vorteile gewähren, oder daß sie als echte Parasiten dem Wirt durch ihre Wucherung Schaden bringen. Die parasitische Existenz spielt sich bei vielen Protozoën (Flagellaten) nur in den Flüssigkeiten des Wirts, im Blutplasma, in der Lymphe, in den Sekreten usw. ab; andere Arten schmarotzen dagegen ausschließlich in Zellen, viele in den Erythrozyten, andere in fixen Zellen, z. B. Epithelzellen des Darms, der Gallengänge usw. Einige Arten bewohnen sogar die Kerne bestimmter Wirtszellen.

Häufig begegnet man bei den parasitierenden Protozoën einem ausgesprochenen Generationswechsel, und zwar dann, wenn die Lebensbedingungen im Wirt für den Parasiten ungünstig werden und der gewöhnliche Fortpflanzungsmodus nicht mehr zur Erhaltung der Art ausreicht. Ist z. B. der Wirt durchseucht und bietet der neuen Parasitengeneration keine Ansiedelungsstätte mehr, so müssen die Schizonten in einen neuen Wirt zu gelangen suchen. Dies geht meist nur auf dem Umwege, daß sie vom ersten Wirt abgeschieden werden, in die äußere Umgebung, in Wasser, auf den Boden usw. geraten und von da gelegentlich von neuen Wirtstieren aufgenommen werden. Für diese Wanderung bedarf es aber einer widerstandsfähigeren Form des Parasiten; derselbe bildet dann Zysten und in diesen Sporozoïten.

In anderen Fällen wird die Übertragung des Parasiten von dem einen durchseuchten Wirt auf den zweiten noch empfänglichen durch Insekten (Mücken, Stechfliegen, Zecken) besorgt. Die einfachen Schizonten würden schon den schroffen Temperaturwechsel beim Übergang vom Warmblüter in das Insekt und demnächst wieder von diesem zum Warmblüter nicht ertragen. Im durchseuchten Wirt bilden sich daher

zunächst Gameten aus; diese bleiben nach der Aufnahme durch die Insekten lebendig, sie liefern dort nach erfolgter Kopulation und Enzystierung widerstandsfähige Sporozoïten und erst diese sind imstande, neue Warmblüter-Wirte zu infizieren.

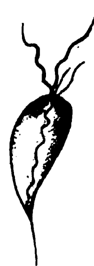
Abgekürzte systematische Übersicht der Protozoën.

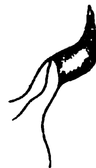
I. Klasse. Rhizopoda. Durch Pseudopodien bewegliches Protoplasma.
4 Ordnungen; davon am wichtigsten:
Ordnung: Amoebina. Bewegung vorzugsweise durch Pseudopodien. Chromatinarme Kerne. — A. coli, fast stets im Dickdarm des Menschen; vermehrt sich in Strohinfus. — Parasitierende Arten in Sekreten oder Gewebsflüssigkeiten.

II. Klasse. Mastigophora. Geißelbewegung.
3 Unterklassen, 7 Ordnungen; davon seien genannt:
Ordnung: Protomonadina. Während der Hauptperiode ihres Lebens


Fig. 135. Cercomonas, 1000 : 1.


Fig. 136. Trypanosoma, 1000 : 1.


Fig. 137. Trichomonas, 1000 : 1.


Fig. 138. Lamblia, 1000 : 1.

durch eine Geißel oder eine Hauptgeißel mit einigen Nebengeißeln beweglich. Vermehrung im frei beweglichen Zustande durch Zweiteilung in der Längsachse. Oder Enzystierung oder Kopulationszustände.

Gattung: Cercomonas. Eine nach vorn gerichtete Geißel. Im Darm, Sputum des Menschen.

Gattung: Trypanosoma. Länglicher, spiralig gedrehter Zellleib. Undulierende Membran und nach vorn gerichtete Geißel. Die Geißelwurzel (Basalkorn) oft durch den sog. Zygoplast mit dem Kern in Verbindung.

Zahlreiche in der Blutflüssigkeit von Warmblütern parasitierende Arten, erzeugen die „Trypanosen"; durch Insekten übertragbar. Dort vermutlich Kopulationszustände.


Fig. 139. Coccidium im Dünndarmepithel von Talpa europea, 1000 : 1.

Ordnung: Polymastigina. Mehrere Geißeln.

Gattung: Trichomonas, drei Geißeln und undulierende Membran. Bei Menschen und Tieren im Darm, im Magen (bes. bei Cardia-Carcinom?), in der Vagina usw.

Gattung: Lamblia (Megastoma). Körper napfförmig ausgehöhlt. Sechs Geißeln. In Dejekten, im Maulsekret von Tieren usw.

III. Klasse. Sporozoa. Vermehrung durch Bildung zahlreicher frei beweglicher, meist sichel- oder nierenförmiger Sporen mit derber Hülle. Generationswechsel.

2 Unterklassen, 4 Ordnungen, 4 Unterordnungen; davon am wichtigsten:

Unterordnung: Coccidia. Bei Mollusken und Vertebraten in fixen Zellen des Wirts, besonders in den Epithelien. Entweder erfolgt in der befallenen Zelle direkte Sporulation; die gebildeten sichelförmigen Keime können andere Zellen desselben Wirts befallen und so die Krankheit in diesem ausbreiten; oder es bilden sich nach Enzystierung erst hartschalige Muttersporen, und nachdem diese eine Zeitlang außerhalb des Wirts sich aufgehalten haben, kommt es zum Austritt der freien Sporen, und durch diese zur Infektion eines anderen Wirts, so daß diese indirekte Sporulation die Ausbreitung des Prozesses auf neue Individuen veranlaßt. — Dahin gehört: Coccidium oviforme. Bewirkt kleine, mit bloßem Auge sichtbare, gelbliche Knoten in der Leber von Kaninchen, seltener im Darm. In den Epithelzellen der Gallengänge zahlreiche Parasiten, teils direkt sichelförmige Sporen liefernd. — Adelea ovata (mit Dauersporen) und Eimeria Schneideri (direkte Bildung von Sichelkeimen) im Darm des Tausendfuß. — Clossia octopiana in Organen des Tintenfisches. Clossia soror in der Niere von Schnecken. — Cocc. Schubergi, Cyclospóra caryolytica (im Dünndarmepithel von Talpa europea).

Unterordnung: Haemosporidia (Haemogregarinida). Bei Fröschen, Reptilien, Vögeln und Menschen. Parasitieren in den roten Blutkörperchen. Bilden in diesen zunächst sehr kleine Einschlüsse, die allmählich wachsen, amöboide Bewegungen zeigen, dabei oft Melanin in sich ablagern. Vermehrung a) durch Schizogonie im ursprünglichen Wirt (endogene Entwickelung), b) durch Gameten- und Syzygienbildung, dann Produktion von Sporoblasten und Sporozoïten in einem Zwischenwirt (exogene Entwickelung).

Von Hämosporidien bei Kaltblütern seien genannt: Haemogregarina ranarum (Drepanidium). Namentlich bei Rana esculenta, kleine runde Einschlüsse in den roten Blutkörperchen. In diesen Bildung rosettenähnlich angeordneter Schizonten; daneben längliche Gameten mit vermutlich exogener Weiterentwickelung.

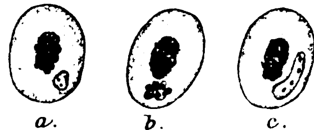


Fig. 140. Froschblutkörperchen mit Drepanidium, 500:1., a runde Form. b Schizogonie. c Gamet.

Andere Arten bei Eidechsen, Schildkröten.

Über die Hämosporidien der Warmblüter s. unter „Malaria“ und „Piroplasmosen“.

Ordnung: Gregarinida. Parasiten von wurmähnlichem Aussehen, meist Darmschmarotzer bei Insekten und Würmern; einzelne auch in anderen Organen, z. B. im Hoden der Regenwürmer. Cuticula, Ekto- und Entoplasma; eigentümliche Fortbewegung (Gleitbewegung durch Absonderung einer gallertartigen Substanz am hinteren Körperende, die den Körper stielartig vorschiebt). Vermehrung häufig durch Kopulation, Enzystierung, Bildung von Muttersporen und sichelförmigen Sporozoïten. Letztere werden erst im Darmsaft eines anderen Wirts frei.

Unterordnung: Myxosporidia. Leben als Amöben in Körperflüssigkeiten und im Gewebe (Epithel der Kiemen, Gallen- und Harnblase) ihrer Wirte;

als letztere fungieren vor allem Fische, unter denen die Parasiten Epizootien hervorrufen können. An einzelnen Punkten des Leibes erfolgt Bildung eigentümlicher Sporen: dieselben enthalten 1—8 ovale, glänzende sog. Polkapseln, die auf Zusatz von Reagenzien (Alkali) einen spiralig aufgerollten langen Faden hervorschießen lassen.

Unterordnung: Microsporidia. Psorospermien der Arthropoden. Im Innern der Gewebe. Bilden kleine glänzende Sporen. Dahin gehören die Erreger der Pebrine der Seidenraupen. Die Sporen des Parasiten, die sog. CORNALIAschen Körperchen, 4 μ lang, 2 μ breit, finden sich in allen Organen der erkrankten Tiere und gehen in die Eier der aus infizierten Raupen entwickelten Schmetterlinge über. Durch die von PASTEUR eingeführte „Zellengrainage“, mikroskopische Untersuchung der Eier auf Sporen und Ausschluß der infizierten Eier von der Zucht, kann die Weiterverbreitung der Pebrine gehemmt werden.

Ordnung: Sarcosporidia. MIESCHERsche Schläuche, Psorospermien der Säugetiere. In den quergestreiften Muskeln zwischen und innerhalb der Primitivbündel als lange Schläuche mit Massen von Sporoblasten (Muttersporen) bezw. sichel- bis nierenförmigen, stark lichtbrechenden Sporen. Häufig bei Pferden, Rindern, Schafen, Mäusen, selten beim Menschen. Als Eingangspforte des Parasiten, der wenig Störungen hervorruft, wird der Verdauungstraktus angesehen. Künstliche Infektionen sind mißlungen.

IV. Klasse: Ciliophora, (Infusorien).

Ausgebildete, mit Wimpern besetzte Cuticula, Ekto- und Entosark. Vermehrung durch Zweiteilung oder Sporulation. Leben im Wasser, einige schmarotzen im Darm von Tieren. Beim Menschen (vorzugsweise in diarrhöeischen Stühlen), häufiger beim Schwein, findet sich im Darm Balantidium (Paramaecium) coli, etwa 70 μ lang, mit großem bohnenförmigen Kern und zwei Vakuolen.

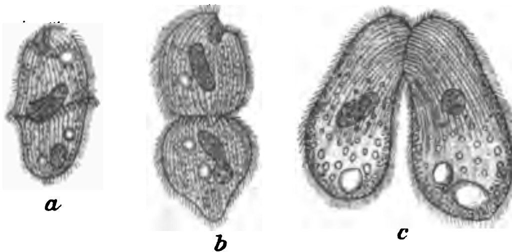


Fig. 141.
Balantidium coli, 300:1.
a und b in Teilung. c in Konjugation.

B. Allgemeines über Verbreitungsweise und Bekämpfung der parasitären Krankheiten.

Zum Zustandekommen einer parasitären Erkrankung gehört ein organisierter Krankheitserreger und ein „disponierter“ Wirt, in welchen der Erreger eindringen und in dem er sich vermehren kann. Der Parasit ist meist mit Aggressinen, d. h. Substanzen, welche die Schutzkräfte des Wirts paralysieren, und mit Toxinen ausgerüstet; letztere müssen im Körper des Wirts haften können. Vermag ein Mikroorganismus durch diese Mittel in einem bestimmten Wirt zur Wucherung zu gelangen, so ist der Mikrobe für jenen Wirt infektiös und virulent. Fehlen ihm diese Eigenschaften, so ist er avirulent. Ein solcher kann

aber andere empfängliche lebende Organismen schädigen, und unter Umständen sogar jenen unempfänglichen Wirt, dadurch daß er in totem Substrat (Darminhalt, Lochien des puerperalen Uterus usw.) sich vermehrt und dabei resorbierbare Ektotoxine liefert (putride Intoxikation). Durch diese Ektotoxine wird sogar zuweilen der Wirt empfänglich und der Mikrobe zum infektiösen Parasiten.

Andererseits kommt es sehr häufig vor, daß infektiöse Mikroben in einem lebenden Organismus existieren und sich in mäßigem Grade vermehren ohne Krankheit zu erregen; entweder weil das befallene Individuum nicht empfänglich ist, oder weil der Erreger zwar als Epiphyt auf der Haut oder auf Schleimhäuten wuchert, aber durch Epidermis, Epithel und Sekrete am Eindringen in die inneren Organe gehindert wird. Auch hier kann sich das Verhältnis jederzeit dadurch ändern, daß der Wirt empfänglich wird, oder daß die schützenden Decken undicht werden.

Für viele Parasiten ist eine bestimmte Invasionsstelle erforderlich, damit sie Infektion hervorrufen können (z. B. der Darm für die Cholerabazillen); für andere existieren multiple Invasionsstätten (Tuberkelbazillus).

Die Wirkungen der eingedrungenen Krankheitserreger, die sich meist erst nach einer gewissen durch die Überwindung der Schutzkräfte des Wirts und durch die eigene Vermehrung ausgefüllten Inkubationszeit bemerklich machen, sind teils lokale, teils allgemeine.

Lokale Erscheinungen sind gewöhnlich schon an der Invasionsstelle zu beobachten. In manchen Fällen hinterläßt aber der Parasit hier keine Spur, sondern entfaltet erst an einer ferneren Prädilektionsstelle seine Tätigkeit. Entweder kommt es zu einfach entzündlichen Erscheinungen, event. mit serösen oder fibrinösen Exsudaten; oder infolge der chemotaktischen Anlockung durch Bakterienproteïne erscheinen Massen von Leukozyten und es entsteht Eiterung; oder es gesellen sich als Effekte besonderer Toxine Nekrosen hinzu; oder es entstehen spezifische proliferative Entzündungen, infektiöse Granulationsgeschwülste. Oft gehen verschiedenste dieser Wirkungen nebeneinander her.

Nicht selten kommt es zu einer örtlichen Abgrenzung des lokalen Herdes und Allgemeinwirkungen bleiben aus. In anderen Fällen macht die Ausbreitung der Parasiten unaufhaltsame Fortschritte, sei es, daß sie sich in contiguo ausbreiten, also z. B. immer neue Partien der infizierten Schleimhaut ergreifen, oder daß sie auf dem Wege der Lymphbahnen weiter vordringen, oder daß sie in die Blutbahn einbrechen und nun mit dem Blut zu disponierten Organen des Körpers gelangen. Ist nach einem solchen Einbruch das Blut nicht einfach

Vehikel für die Parasiten, sondern vermehren sich letztere in den Kapillargebieten eines oder mehrerer Organe, so treten die Erscheinungen der Sepsis oder Septikämie (mit ungeeignetem Ausdruck gewöhnlich als „Blutvergiftung" bezeichnet) zutage. Haben solche Sepsis veranlassende Parasiten die Neigung, sich zu dichten Haufen zusammenzulagern, so entstehen Gefäßverstopfungen und in deren Umgebung meist eitrige Abszesse; losgerissene Teile werden leicht in andere Gefäßbezirke verschleppt und bewirken Metastasen in anderen Organen (Pyämie).

Allgemeinwirkungen der Parasiten gehen entweder von den lokalen Herden aus, und sind dann auf Resorption löslicher Toxine und Enzyme zurückzuführen; oder sie schließen sich in besonders hohem Grade an die stärkere Ausbreitung der Invasion an. Sie bestehen teils in der Produktion spezifischer Ektotoxine (Diphtherie, Tetanus) mit Wirkung auf das Zentralnervensystem, auf das Zirkulationszentrum usw.; teils in der Fiebererregung, in der Beeinflussung der Leukozytose (meist Hyperleukozytose), in der Produktion von Hämolysinen und von Stoffen, welche hämorrhagische Diathese oder entzündliche oder nekrotische Prozesse an verschiedenen Stellen des Körpers hervorrufen. Auch schwere chronisch verlaufende Ernährungsstörungen, amyloide Degeneration, nervöse Störungen treten im Gefolge mancher Infektionen auf.

Sehr häufig kommt es zu Mischinfektionen, bei denen zwei oder mehr verschiedene Krankheitserreger nacheinander oder gleichzeitig eindringen. Fast niemals erfolgt dadurch eine Störung der Infektion, sondern letztere wird schwerer und führt schneller zu einem ungünstigen Ausgang. Am gefährlichsten sind in dieser Beziehung die oben erwähnten Epiphyten der Schleimhäute. Ihnen wird durch die Ansiedelung eines neuen Krankheitserregers der Einbruch in den Körper ermöglicht und oft fällt gerade ihnen dann der Hauptanteil an den Krankheitserscheinungen und an der Zerstörung des Körpers des Wirts zu.

Die Epiphyten erschweren häufig die Feststellung der ätiologischen Bedeutung einer bei Erkrankten gefundenen Mikrobenart. Im allgemeinen stehen uns zur Entscheidung der Frage, ob ein Mikrobe als Krankheitserreger anzusehen ist, folgende Mittel zu Gebote: 1. Züchtung des Mikroben auf künstlichem Nährsubstrat und nach wiederholten Übertragungen Verimpfung einer kleinen Kulturmenge auf Versuchstiere mit solchem Erfolg, daß Krankheitserscheinungen und pathologisch anatomische Veränderungen auftreten, die den beim erkrankten Menschen beobachteten ähnlich sind (Beispiel: Tuberkulose). Statt des Tierexperiments können auch Versuche mit Kulturen an Menschen den vollen Beweis erbringen; solche sind bei einigen Krankheiten absichtlich angestellt (Staphylokokken-Eiterung, Erysipel, Gonorohöe, Ulcus molle, Cholera), bei anderen haben sie sich durch ein Versehen im Laboratorium ereignet (Cholera, Pest, Rotz). 2. Wenn es an empfänglichen

und in spezifischer Weise reagierenden Versuchstieren fehlt, und wenn auch Fälle von Kulturübertragung auf Menschen nicht vorliegen, so kann aus der Konstanz und Ausschließlichkeit des Vorkommens der Mikrobenart bei der fraglichen Krankheit auf die ätiologische Bedeutung geschlossen werden. Der Nachweis des konstanten Vorkommens in jedem einzelnen Krankheitsfall ist keineswegs als ausreichender Beweis anzusehen (z. B. Kolibakterien bei Cholera, Streptokokken bei Scharlach); sondern es gehört durchaus noch dazu, daß die gefundene Art bei anderen Erkrankungen oder bei Gesunden nicht vorkommt. Letztere Bedingung bedarf aber wiederum einer Einschränkung, seit bekannt geworden ist, daß Rekonvaleszenten und unempfängliche Menschen oft spezifische Krankheitserreger lange Zeit beherbergen (Typhus, Cholera, Meningitis, Diphtherie usw.). Der Beweis der Ausschließlichkeit des Vorkommens ist in diesen Fällen schwer zu führen; am ehesten noch dann, wenn die Krankheit nur in größeren Intervallen epidemisch auftritt und wenn bei Gesunden nur zu Epidemiezeiten oder nur bei solchen, die in Konnex mit Kranken und Trägern gestanden haben, die Mikroben gefunden werden. 3. Der Nachweis, daß die Krankheitserscheinungen und namentlich die pathologisch anatomischen Veränderungen beim Erkrankten in der Zahl und Verteilung der gefundenen Mikroben ihre ausreichende Erklärung finden. Auch dieses Beweismittel kann versagen, nämlich in den Fällen, wo die Krankheitserreger selbst im Körper des Erkrankten zum großen Teil zugrunde gehen, so daß sie nur in den frischesten Abschnitten des erkrankten Gebiets nachweisbar sind (Erysipel, Tuberkulose). — Beteiligen sich regelmäßig und in hervorragendem Maße Epiphyten bei einer Invasion spezifischer Mikroben, und sind letztere unbekannt, erstere aber bekannt und leicht nachweisbar, so kann auch das dritte Beweismoment anscheinend vorhanden sein, und die Epiphyten werden um so leichter als eigentliche Erreger angesprochen. Nur das Vorkommen derselben Mikroben bei anderen Krankheiten und zu jeder Zeit und an jedem Ort bei Gesunden schützt dann vor Verwechselungen (Streptokokken; s. auch Schweinepest).

Alle parasitären Krankheiten sind vom Erkrankten auf empfängliche Gesunde fortgesetzt übertragbar. Die Übertragung kann in manchen Fällen auf Schwierigkeiten stoßen; vielleicht ist sie nur in einem begrenzten Stadium der Krankheit und unter Anwendung eines bestimmten Übertragungsmodus (Blutüberimpfung, Zwischenwirt) ausführbar. Immerhin ist die Möglichkeit der Übertragung vorhanden, solange die Parasiten im befallenen Körper leben und sich vermehren und hierdurch die Infektion bewirken.

In der fortgesetzten Übertragbarkeit liegt der wesentlichste Unterschied gegenüber den Intoxikationen. In früherer Zeit hat man diese Grenze nicht scharf genug gezogen; insbesondere nahm man an, daß Infektionskrankheiten auch durch ein Miasma, d. h. durch gasförmige, chemische Körper, die nicht reproduktionsfähig sind, entstehen können. Daß riechende oder nichtriechende Gase, Emanationen des Bodens usw. in gar keiner ätiologischen Beziehung zu irgendeiner Infektionskrankheit stehen, ist zweckmäßig durch die präzisere Bezeichnung „parasitäre Krankheiten“ klarzustellen. Der Begriff der „miasmatischen Infektionskrankheiten“ ist völlig fallen zu lassen.

Mit den allen Infektionserregern gemeinsamen Eigenschaften der Vermehrungsfähigkeit und der Übertragbarkeit ist aber noch nichts ausgesagt über die natürliche Verbreitungsweise der parasitären Krankheiten. In bezug darauf sind namentlich zwei Gruppen zu unterscheiden:

Erstens: Parasitäre Krankheiten, welche sich nur vom Kranken aus auf den Gesunden verbreiten, so daß der Kranke immer das Zentrum für die Ausbreitung bildet. Die Erreger dieser Krankheiten verlassen den Körper des Kranken in infektionstüchtigem Zustand und gehen unverändert, entweder direkt (Syphilis) oder durch Vermittelung von Wäsche, Kleidern, Wasser etc. oder auch nach einem Aufenthalt auf der Haut oder Schleimhaut unempfänglicher Menschen, auf empfängliche Individuen über (Diphtherie, Pocken, Typhus usw.). — Diese Krankheiten werden als kontagiöse, ansteckende, bezeichnet. Sie veranlassen häufig zeitlich und örtlich begrenzte Epidemien von verschiedener Ausdehnung.

Zweitens: Krankheiten, bei welchen der Kranke keine wesentliche Rolle spielt, wo die Infektion vielmehr von irgendeinem Teil der Umgebung aus erfolgt, in welchem die Erreger ohne merkliche Mitwirkung eines Kranken verbreitet sind. Daß der Kranke hier nicht das offenbare Zentrum für die Übertragung bildet, kann daran liegen, daß die Infektionserreger den Kranken nicht in infektionstüchtigem Zustand verlassen, sondern vielleicht erst in Zwischenwirten eine Reifung erfahren müssen (Malaria); oder daran, daß die Erreger in der Umgebung (als Epiphyten) sehr verbreitet sind resp. sich dort ausgiebig zu vermehren pflegen, so daß die im Kranken vorhandenen und von ihm ausgeschiedenen Erreger demgegenüber gar nicht in Betracht kommen (Eiterkokken, malignes Ödem, Tetanus, Erreger von Cholera infantum). — Diese übertragbaren Krankheiten bezeichnet man als nichtkontagiöse (früher auch wohl weniger zutreffend als „ektogene").

Beide Gruppen von Krankheiten lassen gewisse Übergänge erkennen. Unter den Erregern der kontagiösen Krankheiten gibt es obligate Parasiten, die nur im Körper des Warmblüters wuchern (Syphilis, akute Exantheme). Andere aber sind künstlich kultivierbar und auch unter natürlichen Verhältnissen zuweilen einer gewissen saprophytischen Vermehrung fähig (fakultative Saprophyten). Indes ist diese Vermehrung gewöhnlich nicht derartig, daß den in der Umgebung neu gebildeten Individuen ein irgend wesentlicher Anteil an der Verbreitung zukommt; sondern die unverändert konservierten, vom Kranken ausgeschiedenen Erreger veranlassen ganz überwiegend die Infektionen (Typhus, Cholera, Milz-

brand). — Zuweilen scheint es aber vorzukommen, daß bei Typhus, Cholera, Milzbrand die äußeren Verhältnisse einer Wucherung der Erreger besonders günstig sind; oder daß infolge zahlreichster Erkrankungen und mangelhafter Beseitigung der von Kranken ausgeschiedenen Erreger eine äußerst umfangreiche Ausstreuung stattgefunden hat. In diesem Falle ändert sich das Bild der Verbreitungsweise. Es ist dann die Nähe eines Kranken und eine nachweisbare Verbindung mit einem solchen nicht mehr erforderlich, um die Infektion hervorzurufen, sondern es treten die Infektionen von beliebigen Teilen der Umgebung aus in den Vordergrund und die Krankheit nähert sich dem Typus der nicht kontagiösen parasitären Krankheiten (Cholera, Milzbrand im endemischen Gebiet).

Andererseits können auch die Erreger der letzteren Krankheiten ausnahmsweise vom Kranken auf den Gesunden übertragen werden: so die Malaria durch Überimpfung von Blut, malignes Ödem und Tetanus beispielsweise durch Injektionsspritzen, welche erst beim Kranken und dann beim Gesunden gebraucht waren; Eiterkokken durch die allerverschiedensten Kontakte (vgl. jedoch unter „Staphylococcus"). In schlecht geleiteten Hospitälern können sogar die meisten Eiterungen durch Kokken veranlaßt werden, die mehr oder weniger direkt von anderen Kranken stammen. Ferner scheint es vorzukommen, daß Krankheitserreger im befallenen kranken Menschen erheblich an Virulenz zunehmen, so daß die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger viel leichter in neuen Opfern sich Invasionsstätten schaffen und dadurch sich in ihrer Verbreitungsweise den Kontagien nähern.

Durch eine solche Teilung in zwei große Gruppen ist indes die Verbreitungsweise der einzelnen parasitären Krankheit noch bei weitem nicht hinreichend gekennzeichnet, um daraus die im Einzelfalle erforderlichen Bekämpfungsmaßregeln abzuleiten.

Bei den durch Kontagien übertragbaren Krankheiten macht sich vor allem ein sehr verschiedener Grad von Kontagiosität bemerkbar. Kranke, die an einer bestimmten kontagiösen Krankheit leiden, können sehr wohl nebeneinander im gleichen Zimmer liegen ohne sich anzustecken, weil bei der betreffenden Krankheit erst innige Berührungen oder besondere Hantierungen die Übertragung bewirken; bei anderen kontagiösen Affektionen ist dagegen die ganze Umgebung des Kranken in weitem Umkreis gefährdet. Es ist daher eine völlig falsche aber noch bei manchen Ärzten verbreitete Vorstellung, daß die Ansteckung bei allen kontagiösen Krankheiten gleichmäßig verlaufen müsse; und es darf eine Krankheit durchaus nicht aus der Kategorie der kontagiösen deshalb gestrichen werden, weil ihre Aus-

breitungsart dem Bilde gewisser stark kontagiöser Krankheiten nicht entspricht. Auch Kranke mit Krätze und Läusen können bei einiger Vorsicht und Reinlichkeit mit anderen Kranken in einem Zimmer gehalten werden, ohne daß Übertragungen stattfinden; und doch wird niemand deshalb leugnen, daß für gewöhnlich die Übertragung dieser Parasiten von Mensch zu Mensch erfolgt.

Am stärksten kontagiös sind offenbar diejenigen Infektionskrankheiten, bei welchen große Massen resistenter Erreger auf allen Wegen, durch Berührungen, durch die verschiedensten Gebrauchsgegenstände, durch Luftströmungen usw. vom Kranken aus verbreitet werden und oft noch nach Monaten und Jahren in infektionstüchtigem Zustande auf gesunde Menschen gelangen; bei welchen außerdem die Erreger an verschiedensten Invasionsstätten leicht in den Körper des Gesunden eindringen, und für welche eine sehr verbreitete Disposition vorhanden ist (Pocken, Masern). Geringer wird die Kontagiosität, wenn zwar die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger zahlreich, resistent und auf verschiedenen Wegen transportfähig sind, wenn aber die Empfänglichkeit des Gesunden beschränkt ist (Scharlach). Bedeutend verringert wird die Kontagiosität, wenn die Erreger nur in bestimmten Sekreten des Kranken abgeschieden werden, wenn sie dazu von beschränkter Lebensdauer sind, wenn sie durchaus an eine bestimmte Invasionspforte, z. B. in den Darm gelangen müssen, um Infektion auszulösen, und wenn bei Gesunden hier noch gut funktionierende Schutzvorrichtungen den eingedrungenen Erregern entgegenwirken (Cholera). Nur beschränkte Gefahr geht ferner von den Kontagien aus, die so wenig resistent sind, daß die Ansteckung nur durch bewußte Berührung mit völlig frischem Sekret des Kranken zustande kommt (Syphilis).

Ähnliche Differenzen gelten aber auch für die Erreger der ektogenen Infektionskrankheiten. Die weit verbreiteten Eiterkokken, die in jeder kleinsten Wunde eine Ansiedelungsstätte finden, bewirken zahllose Infektionen. Die Ödem- und Tetanusbazillen sind ebenso allgemein verbreitet, führen aber unendlich viel seltener zur Infektion, weil es dazu disponierender Wunden von ganz bestimmter Beschaffenheit bedarf. Die Malariainfektionen sind wiederum auf solche Örtlichkeiten und solche Jahreszeit beschränkt, in denen bestimmte Stechmücken schwärmen, und befallen Menschen nur dann, wenn diese Mücken von Malariakranken in einem bestimmten Stadium der Krankheit Blut gesogen haben und nach entsprechender Frist Menschen stechen.

Um bei der großen Menge ausgesprochener Differenzen die Gesetzmäßigkeiten in der natürlichen Verbreitung der Infektionskrank-

heiten schärfer zu erkennen und danach den Bekämpfungsplan zu organisieren, wird es nötig sein, die einzelnen, im vorstehenden nur flüchtig hervorgehobenen einflußreichen Momente in bestimmter Reihenfolge genauer zu besprechen, nämlich:

1. Die Infektionsquellen (Infektionsgelegenheiten), d. h. diejenigen Teile der menschlichen Umgebung (eingerechnet die Haut und die Schleimhautoberflächen), welche mit infektionstüchtigen Parasiten behaftet sind. Es wird festzustellen sein, welche Infektionsquellen bei den einzelnen Krankheiten vorzugsweise in Betracht kommen, wie lange diese Gefahr bieten, unter welchen natürlichen Verhältnissen sie ihre Gefährlichkeit einbüßen. Gegen die Infektionsquellen und die in ihnen enthaltenen Parasiten werden wir bei der Bekämpfung der Infektionskrankheiten in erster Linie vorgehen müssen; und zwar können wir dabei entweder die Fernhaltung der Infektionsquellen vom Gesunden, oder ihre mechanische Beseitigung oder die Abtötung der Parasiten ins Auge fassen.

2. Die Infektionswege, d. h. die Wege, auf welchen der Transport der Parasiten von den Infektionsquellen zum Gesunden vermittelt wird, und die je nach den vorhandenen Schutzvorrichtungen und je nach der Disposition des Organs, zu welchem sie die Krankheitserreger führen, große Verschiedenheiten aufweisen. Auch diese Wege werden sich künstlich einengen lassen und somit in der Bekämpfung der Infektionskrankheiten eine Rolle spielen.

3. Die Empfänglichkeit bezw. Unempfänglichkeit des Gesunden gegenüber den Parasiten. Durch angeborene oder erworbene Unempfänglichkeit größerer Menschengruppen kann die natürliche Verbreitung von parasitären Krankheiten erfahrungsgemäß erheblich beeinflußt werden. Vor allem aber ist die absichtliche künstliche Änderung der individuellen Empfänglichkeit ein mächtiges, in neuerer Zeit besonders beachtetes Hilfsmittel im Kampf gegen gewisse Infektionskrankheiten.

4. Örtliche, oft auch zeitlich wechselnde Einflüsse vermögen anscheinend bei der Ausbreitung einer parasitären Krankheit sich bemerkbar zu machen. Es wird sich fragen, worauf die Mitwirkung der örtlichen Verhältnisse beruht, und eventuell wird versucht werden müssen, auch diese Einflüsse bei der Bekämpfung der parasitären Krankheiten zu berücksichtigen.

I. Die Infektionsquellen.

A. Beschaffenheit und Bedeutung der einzelnen Infektionsquellen.

Bei den kontagiösen Krankheiten kommen als wichtigste Infektionsquelle die frischen, unverdünnten Absonderungen der erkrankten

Organe (eventuell das Blut) in Betracht. Die in den Absonderungen ausgeschiedenen Infektionserreger gehen, wenn sie erst auf diese oder jene Teile der Umgebung verschleppt sind, häufig nach kürzerer oder längerer Zeit zugrunde oder werden geschwächt, sei es durch Austrocknen, Inanition, Belichtung, Konkurrenz mit Saprophyten oder andere in unserer natürlichen Umgebung wirksame schädigende Mittel; ferner vermögen Luft oder Wasser eine derartige Verdünnung der Erreger zu bewirken, daß die Infektionschancen immer geringer und schließlich minimal werden. Die größte Gefahr bilden daher bei Pocken der Eiter der Pusteln, die Hautschuppen, der Auswurf; bei Masern Hautschuppen, Sputa, Nasensekret; bei Lungentuberkulose die Sputa; bei Abdominaltyphus, Cholera, Ruhr die Darmentleerungen, bei Typhus auch der Harn; bei Diphtherie die Sputa und das Mundsekret; bei den Wundinfektionskrankheiten der Eiter. Bei Syphilis, Gonorrhöe und Hundswut sind die frischen Absonderungen mit seltenen Ausnahmen sogar die einzige Infektionsquelle.

Die Lebensdauer der Infektionserreger in den Ausscheidungen des Kranken variiert bedeutend je nach der spezifischen Resistenz des Parasiten und je nach den äußeren Bedingungen. Sehr kurz pflegt sie zu sein, wenn die Infektionserreger in flüssige Substrate gelangen in welchen Saprophyten stark wuchern; doch kommen Ausnahmen vor (Typhus-, Tuberkelbazillen). Ferner gehen manche Erreger durch Austrocknen rasch zugrunde; hohe Temperatur begünstigt dies Austrocknen in bedeutendem Grade, Belichtung durch Sonnenlicht beschleunigt das Absterben; Einhüllung in schleimiges Sekret hindert dasselbe erheblich. Die längste Lebensdauer zeigen die Infektionserreger, wenn sie auf feuchtem Substrat in kalter, feuchter Luft und im Dunkel gehalten werden; es kommt dann weder zu lebhafter Wucherung von Saprophyten noch zu einem völligen Austrocknen. In Kellerräumen, in kaltem, feuchtem Boden usw. können daher Absonderungen von Kranken am längsten virulent bleiben.

Bestimmte Zahlen für die Haltbarkeit der Parasiten in unserer Umgebung lassen sich bei dem maßgebenden Einfluß der jeweiligen äußeren Verhältnissen nicht geben. Bezüglich der akuten Exantheme ist empirisch ermittelt, daß die Erreger von Masern etwa 6 Wochen, von Scharlach 5 Monate, von Pocken 2 Jahre im trockenen Zustande lebensfähig bleiben; Eiter erregende Staphylokokken können unter Umständen ein Jahr und länger lebensfähig bleiben, Milzbrand- und Tetanussporen mehrere Jahre; Streptokokken in schleimiger Hülle mehrere Monate. — Weitere Angaben s. im speziellen Teil.

Von größter Bedeutung ist es, daß auch scheinbar Gesunde, Rekonvaleszenten oder unmerklich Erkrankte virulente Krankheitserreger beherbergen und ausscheiden können, dann nämlich, wenn

Menschen von Parasiten befallen sind, bei welchen die Disposition für die betreffende Erkrankung sehr gering bezw. erloschen ist (Parasitenträger bei Cholera, Diphtherie, Typhus, Meningitis u. a. m.). Die Gefahr der Übertragung ist in diesen Fällen um so größer, als die Parasitenträger ohne jede Vorsicht mit zahlreichen Menschen verkehren und alle Schutzmaßregeln selbst notorischen Trägern gegenüber sich sehr schwer durchführen lassen.

Finden die Erreger einer parasitären Krankheit ihre natürliche Verbreitung auch bei einer anderen Tierspezies, so kommen die Ausscheidungen solcher erkrankter Tiere als wichtige Infektionsquelle für den Menschen in Betracht, falls er in größerem Umfang mit diesen Infektionsquellen in Berührung kommt (Exkrete pestkranker Ratten, Milch tuberkulöser Kühe).

Zweitens kommen in Betracht die mit den Absonderungen der Kranken oder der Parasitenträger verunreinigten Hände, Wäschestücke; das Verbandzeug; die Betten, Kleider usw. Diese repräsentieren bei den akuten Exanthemen, Diphtherie, Tuberkulose, Erysipel, Pyämie, Abdominaltyphus, Cholera u. a. m. Infektionsquellen von großer Gefahr. Fest zusammengelegte Bündel von Wäsche und Kleidern trocknen im Innern schwer so vollständig aus, daß die Parasiten absterben.

Drittens: Ess- und Trinkgeschirre sind besonders häufig infiziert bei Diphtherie; zuweilen bei Cholera, Typhus, Tuberkulose, den akuten Exanthemen.

Viertens: Sonstige Utensilien, die der Kranke gebraucht, Spielzeug, Bücher usw.; Bettstellen, Möbel, Fußboden und andere dem Bett nahe Teile der Wohnung müssen bei den akuten Exanthemen als fast regelmäßig, bei den übrigen Infektionskrankheiten als mehr oder weniger häufig infiziert angesehen werden.

Fünftens: Die Wohnungsluft kann in Staubform die Erreger der Exantheme und der Tuberkulose, ferner Staphylokokken, Tetanus-, Milzbrandsporen, event. Typhusbazillen und Streptokokken enthalten. Durch beim Husten verspritzte Tröpfchen können außer den ebengenannten Erregern auch Pneumokokken, Meningokokken, Influenzabazillen, Pestbazillen, Diphtheriebazillen usw. in die Luft übergehen.

Die Luft im Freien bietet (abgesehen von engen Höfen, Straßenwinkeln, ferner von zufällig aufgewirbeltem Hauskehricht usw.) eine zu große Verdünnung und ist zu starkem Wechsel unterworfen, um als dauernde Infektionsquelle in Betracht zu kommen (vgl. S. 97).

Sechstens: Die Abwässer, der Tonnen-, Gruben- resp. Kanalinhalt. Hier ist bereits eine gewisse Verdünnung eingetreten;

ferner ist die Infektionsgefahr dadurch abgeschwächt, daß die Abwässer der Berührung mit Menschen nach Möglichkeit entzogen werden. Noch mehr sinken die Infektionschancen, wenn eine weitere Mischung der infektiösen Abgänge mit zahlreichen andern, nicht infektiösen Wassermassen stattgefunden hat, wie z. B. in den Schwemmkanälen. Dagegen entsteht durch Einlassen der Abfallstoffe in einen Wasserlauf, der von vielen Menschen zum Trinken, Baden usw. benutzt wird, erhebliche Infektionsgefahr (s. S. 130). Ferner ist der oberflächliche Boden zu einer Konservierung von Infektionsquellen in konzentriertem Zustande befähigt. Sputa, Dejektionen usw. entgehen hier oft längere Zeit der Verdünnung und es können die in ihnen enthaltenen Infektionserreger von der Bodenoberfläche aus auf verschiedensten Wegen wieder zum Menschen gelangen und Infektionen auslösen (s. S. 124).

Siebentens: Schließlich kommt der Genesene resp. der Verstorbene in Betracht. Die von der Leiche ausgehende Gefahr wird gewöhnlich viel zu hoch angeschlagen und ist tatsächlich sehr gering, da die Ausstreuung von Infektionskeimen zum wesentlichsten Teile durch die vom lebenden Kranken gelieferten Exkrete und durch seine Bewegungen und Hantierungen erfolgt. Die Infektionsgefahr seitens der Rekonvaleszenten ist dagegen sehr beachtenswert, weil sich auf der Haut und den Schleimhäuten nicht selten noch nach der Genesung und wenn bereits ungehemmter Verkehr mit Gesunden besteht, Infektionskeime vorfinden.

Bei den nichtkontagiösen Infektionskrankheiten werden entweder infektionstüchtige Erreger nur von bestimmten Zwischenwirten geliefert (Anopheles bei Malaria); oder die Erreger sind weit verbreitet in gedüngter Ackererde, städtischem Wohnboden und dem daher stammenden Staub (Tetanus und malignes Ödem); oder sie leben als Epiphyten dauernd oder zeitweise auf der Haut resp. auf gewissen Schleimhäuten gesunder Menschen (Staphylokokken der Haut; Streptokokken, Pneumokokken im Mundsekret; manche darmbewohnende Bakterien). Für die Erreger der sog. Cholera infantum bildet vorzugsweise die Kuhmilch eine geeignete Wucherungsstätte.

B. Fernhaltung, Beseitigung und Vernichtung der Infektionsquellen.

1. Fernhaltung der Infektionsquellen.

Gegen die nicht einheimischen Seuchen, namentlich Pest und Cholera, suchte man sich früher namentlich durch Grenzsperren und Einfuhrverbote zu schützen.

Sperren zu Lande sind aber wenig wirksam und stören Handel und Verkehr außerordentlich. Neuerdings beschränkt man sich daher beim Eisenbahndurchgangsverkehr auf die Beobachtung erkrankter Passagiere, zunächst durch das Zugpersonal, in verdächtigen Fällen durch einen Arzt. Für die Einschleppung von Seuchen hat sich der kleine Grenzverkehr durch Arbeiter, Händler usw., ferner der Verkehr von Schiffern und Flößern als viel gefährlicher erwiesen, und diese sind daher einer strengeren Revision zu unterwerfen. — Generelle Einfuhrverbote für Waren aus verseuchten Gebieten sind auch nicht erforderlich; man beschränkt dieselben gewöhnlich auf getragene Wäsche und Kleider, Lumpen und Nahrungsmittel.

Leichter gelingt eine vollständige Absperrung gegen ein verseuchtes Land auf dem Seewege. In der Nähe der Häfen sind auf abgelegenen Stellen Quarantänestationen errichtet mit Lazaretten usw. Hier mußte in früherer Zeit jedes Schiff aus verseuchten Gegenden 40 Tage, und wenn Erkrankungen vorkamen, länger verweilen. Jetzt werden nach den international geltenden Bestimmungen der Pariser Sanitätskonferenz vom 3. Dez. 1903, auf welcher die Übereinkünfte früherer Konferenzen (Cholerakonferenz zu Dresden 1893, zu Paris 1894; Pestkonferenz zu Venedig 1897) einer Durchsicht unterzogen und in ein einziges Abkommen zusammengefaßt wurden, die aus verdächtigen Häfen kommenden Schiffe zunächst nur einer gesundheitspolizeilichen Kontrolle unterzogen. Ist keine Erkrankung an Bord vorgekommen, sind keine verdächtigen Waren an Bord, und hat die Fahrt eine bestimmte Zeit, der Inkubationszeit für die betr. Krankheit entsprechend, gedauert, so wird das Schiff freigegeben. Sind dagegen unterwegs Erkrankungen vorgekommen, so ist für die Passagiere eine Quarantäne von der Dauer der Inkubationsfrist einzuhalten. — Um Seuchenherde in anderen Ländern rasch genug zu erfahren, ist zwischen den Vertragsstaaten die telegraphische Anzeige erster Krankheitsfälle als obligatorische Pflicht anerkannt; später werden regelmäßige Berichte veröffentlicht.

Für die beiden exotischen Seuchen Cholera und Pest sind besondere Vorkehrungen in der Türkei bezw. in Ägypten wünschenswert, da diese Gegenden für die betr. Seuchen, die stets von Asien aus auf dem Land- oder Seewege nach Europa wandern, die Eingangspforten darstellen. Schon seit 1840 datiert daher ein internationaler Gesundheitsdienst im türkischen Reiche durch Gründung des noch jetzt bestehenden internationalen obersten Gesundheitsrats in Konstantinopel. Ebenso besteht in Alexandrien ein internationaler Gesundheitsrat, dem sämtliche Quarantäneanstalten Ägyptens unterstellt sind und der die sanitäre Untersuchung aller Schiffe am Abfahrtsorte veranlaßt usw. Die seitens des Gesundheitsrats zu treffenden Maßnahmen, welche durch

Beschlüsse internationaler Konferenzen in Rom 1885 und in Venedig 1882 geregelt waren, sind gleichfalls auf der Pariser Sanitätskonferenz 1903 neu beraten und festgesetzt worden.

Ist die Einschleppung einer ansteckenden Krankheit erfolgt, so sind die zu ergreifenden Maßregeln für Deutschland durch das Reichsgesetz, betr. die Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten — Lepra, Cholera, Fleckfieber, Gelbfieber, Pest, Pocken — vom 30. Juni 1900 geregelt. Das Gesetz sorgt dafür, daß die Behörde von dem Erkrankungsfall Kenntnis erhält, indem es den zugezogenen Arzt, den Haushaltungsvorstand, Pfleger, Inhaber der Wohnung und Leichenschauer zur Anzeige jeder Erkrankung und jedes Todesfalls, sowie jedes Falles, welcher den Verdacht einer jener Krankheiten erweckt, verpflichtet. Die Polizeibehörde muß, sobald sie von dem Ausbruch oder dem Verdacht des Ausbruchs der Krankheit Kenntnis erhält, sogleich den beamteten Arzt benachrichtigen, der unverzüglich an Ort und Stelle Ermittelungen über Art, Stand und Ursache der Krankheit anzustellen und der Polizeibehörde darüber zu berichten hat. In Notfällen kann der beamtete Arzt die Ermittelung auch direkt vornehmen. In Ortschaften über 10000 Einw. ist eine in einem räumlich entfernten, bisher verschonten Ortsteil vorkommende Erkrankung als neuer Ausbruch zu behandeln. Die obere Verwaltungsbehörde kann die Ermittelung auf jeden dem ersten folgenden Erkrankungsfall ausdehnen. Dem beamteten Arzt ist der Zutritt zum Kranken, soweit er es ohne Schädigung des Kranken für zulässig hält, und zur Leiche zu gestatten. Bei Cholera-, Gelbfieber- und Pestverdacht kann eine Öffnung der Leiche angeordnet werden. Der behandelnde Arzt ist berechtigt, den Untersuchungen beizuwohnen. Für ergriffene Ortschaften kann amtliche Leichenschau für jede Leiche angeordnet werden. Bei Gefahr im Verzuge ist der beamtete Arzt berechtigt, einstweilen aus eigener Initiative Maßregeln anzuordnen. — Die Schutzmaßregeln zerfallen in Absperrungs- und Aufsichtsmaßregeln. Für kranke und krankheits- oder ansteckungsverdächtige Personen kann eine Absonderung angeordnet werden. Krankheitsverdächtige sind Personen, welche Krankheitssymptome zeigen, die den Verdacht der betr. Seuche erwecken, ohne daß aber durch bakteriologische Untersuchung usw. der Verdacht gesichert ist; Ansteckungsverdächtige sind Gesunde, welche mit Seuchenkranken oder Seuchenmaterial in Berührung waren. Der Kranke soll mit anderen als den zu seiner Pflege bestimmten oder mit Erledigung für ihn wichtiger und dringender Angelegenheiten betrauten Personen nicht in Berührung kommen. Ist nach dem Gutachten des beamteten Arztes

eine ausreichende Absonderung nicht durchführbar, so kann, falls der beamtete Arzt es für unerläßlich und der behandelnde Arzt es ohne Schädigung des Kranken für zulässig hält, die Überführung des Kranken in ein geeignetes Krankenhaus oder in einen anderen geeigneten Unterkunftsraum angeordnet werden. Krankheits- und ansteckungsverdächtige Personen dürfen nicht in demselben Raume mit kranken Personen untergebracht werden; ansteckungsverdächtige mit krankheitsverdächtigen nur, wenn es der beamtete Arzt für zulässig erklärt. Wohnungen, in welchen erkrankte Personen sich befinden, können kenntlich gemacht werden. Für das berufsmäßige Pflegepersonal können Verkehrsbeschränkungen angeordnet werden. — Die Aufsichtsmaßregeln beziehen sich auf Beschränkungen der gewerbsmäßigen Herstellung, Aufbewahrung und des Vertriebs von Gegenständen, welche zur Verbreitung der Krankheit dienen können, ferner in der Vermeidung der Ansammlung größerer Menschenmengen (Märkte, Messen u. dgl.), in der gesundheitspolizeilichen Überwachung der in der Schiffahrt, Flößerei oder sonstigen Transportbetrieben beschäftigten Personen usw.; die betreffenden Anordnungen sind von der Landesbehörde zu erlassen. Ferner können jugendliche Personen aus ergriffenen Behausungen zeitweilig vom Schulbesuch ferngehalten werden. Auch kann in Ortschaften, welche von Cholera, Fleckfieber, Pest oder Pocken befallen oder bedroht sind, die Benutzung von Brunnen, Wasserläufen usw. sowie öffentlicher Bade- usw. Anstalten verboten oder beschränkt werden. Falls es der beamtete Arzt für unerläßlich erklärt, kann auch die Räumung von Wohnungen und Gebäuden angeordnet werden. — Für Gegenstände und Räume, die mutmaßlich mit dem Krankheitsstoff behaftet sind, kann Desinfektion, bei wertlosen Gegenständen Vernichtung, angeordnet werden. Für Reisegepäck und Handelswaren ist dies bei Lepra, Cholera und Gelbfieber nur zulässig, wenn die Annahme einer Verseuchung der Gegenstände durch besondere Umstände begründet ist. — Für die Bestattung der an einer Seuche Gestorbenen können besondere Vorsichtsmaßregeln angeordnet werden.

Als vorbeugende Maßregel wird in § 35 noch angeordnet, daß die dem allgemeinen Gebrauch dienenden Einrichtungen für Wasserversorgung und Beseitigung der Abfallstoffe fortlaufend durch staatliche Beamte zu überwachen sind.

Die Bekämpfung der endemischen Krankheiten ist in Preußen, unter Aufhebung der bisher maßgebenden königl. Verordnung vom 8. August 1835 (Regulativ), durch das Gesetz betr. die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten vom 28. August 1905 geregelt, dessen Aus-

führungsbestimmungen am 7. Oktober 1905 erlassen und am 20. Oktober 1905 in Kraft getreten sind. Hiernach unterliegen der Anzeigepflicht: Erkrankungen und Todesfälle an Diphtherie, übertragbarer Genickstarre, Kindbettfieber, Körnerkrankheit, Rückfallfieber, übertragbarer Ruhr, Scharlachfieber, Unterleibstyphus, Milzbrand, Rotz, Tollwut, sowie Bißverletzungen durch tolle oder der Tollwut verdächtige Tiere, Fleisch-, Fisch- und Wurstvergiftung, Trichinose, außerdem Todesfälle an Lungen- und Kehlkopftuberkulose. Zur Anzeige sind die nämlichen Personen wie im Reichsgesetz verpflichtet.

Auf die Anzeige folgt bei ersten Erkrankungen oder Todesfällen an den obengenannten Krankheiten — mit Ausnahme jedoch von Tuberkulose und der drei unten besonders besprochenen Krankheiten, Diphtherie, Körnerkrankheit und Scharlach —, bei Kindbettfieber und Typhus aber auch bei Verdacht der Erkrankung, unverzüglich das Ermittelungsverfahren durch den beamteten Arzt, ähnlich wie im Reichgesetz. — Befindet sich jedoch der Kranke in ärztlicher Behandlung, so ist dem beamteten Arzt der Zutritt untersagt, wenn der behandelnde Arzt (im Reichsgesetz der beamtete Arzt!) erklärt, daß davon eine Gefährdung der Gesundheit oder des Lebens des Kranken zu befürchten ist. Vor dem Zutritt des beamteten Arztes ist dem behandelnden Arzt Gelegenheit zu dieser Erklärung zu geben.

Bei Kindbettfieber (und Verdacht) ist dem beamteten Arzt der Zutritt nur mit Zustimmung des Haushaltungsvorstands gestattet.

Bei Typhus- und Rotzverdacht kann eine Öffnung der Leiche polizeilich angeordnet werden; jedoch soll sie (nach den Ausführungsbestimmungen) nur dann stattfinden, wenn die bakteriologische Untersuchung der Absonderungen und des Blutes (Agglutination) zur Feststellung nicht ausreicht oder nicht ausführbar ist.

Bei Diphtherie, Körnerkrankheit und Scharlach hat die Ortspolizeibehörde nur die ersten Fälle und diese nur ärztlich feststellen zu lassen, falls sie nicht bereits von einem Arzte angezeigt sind. Die Polizeibehörde soll in der Regel den nächsterreichbaren Arzt mit dieser Ermittelung beauftragen (s. Ausführungsbestimmungen).

Bei Milzbrand und Rotz hat der beamtete Arzt die Ermittelungen im Benehmen mit dem beamteten Tierarzt vorzunehmen; wie denn auch die gesundheitspolizeilichen Maßregeln mit den veterinärpolizeilichen stets im Einklang stehen sollen (s. Ausführungsbestimmungen).

Der Regierungspräsident kann anordnen, daß auch über jeden einzelnen späteren Krankheitsfall Ermittelungen angestellt werden; für Kindbettfieber empfiehlt sich eine solche Anordnung. — Ferner

kann für Ortschaften, welche von Milzbrand, Rotz, Ruhr oder Typhus befallen sind, amtliche Leichenschau (durch einen Arzt) angeordnet werden (s. Ausführungsbestimmungen).

Eine wichtige Vorbedingung für die Durchführung des Reichsseuchen- wie des Preußischen Gesetzes ist die Mitwirkung bakteriologischer Untersuchungsstationen, in denen die Untersuchung der Ausscheidungen Kranker und Krankheitsverdächtiger auf das Vorhandensein bestimmter Krankheitserreger erfolgt. Solche Stationen sind teils den hygienischen Universitätsinstituten angegliedert, teils sind besondere derartige Einrichtungen in den einzelnen Regierungsbezirken und in den größeren Städten innerhalb der letzten Jahre ins Leben gerufen.

Eine weitere Bedingung für eine volle Wirkung der Seuchengesetze ist ein besseres Verständnis für den Sinn und die Tragweite der Bestimmungen in den breiteren Volksschichten. Durch gemeinverständliche „Merkblätter", wie sie vom Kaiserl. Gesundheitsamte und durch „Ratschläge an Ärzte" und „Belehrungen", wie sie vom Kultusministerium für die einzelnen Krankheiten ausgegeben sind, sollen die wichtigsten Lehren von der Verbreitungsart und der Bekämpfung der Seuchen zur allgemeinen Kenntnis gebracht werden.

Die Schutzmaßregeln sind ähnlich wie im Reichsseuchengesetz, jedoch mit der Einschränkung, daß nicht alle Maßregeln für jede Krankheit gelten, sondern, nach Maßgabe der Verbreitungsweise, für jede einzelne Krankheit eine Auswahl unter den Maßregeln getroffen ist. Hiernach können 1. einer Beobachtung durch einen Arzt oder eine sonst geeignete Person unterworfen werden: Kranke und krankheitsverdächtige Personen bei Körnerkrankheit, Rotz, Rückfallfieber, Typhus, ferner kranke, krankheits- und ansteckungsverdächtige Personen bei Syphilis, Tripper und Schanker, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben, ansteckungsverdächtige Personen bei Tollwut. Die Beobachtung soll in der Regel nur darin bestehen, daß durch einen Arzt oder eine sonst geeignete Person in angemessenen Zwischenräumen Erkundigungen über den Gesundheitszustand der betreffenden Person eingezogen werden. — Eine verschärfte Art der Beobachtung, verbunden mit Beschränkungen in der Wahl des Aufenthaltes oder der Arbeitsstätte, ist nur Personen gegenüber zulässig, welche obdachlos oder ohne festen Wohnsitz sind oder berufs- oder gewohnheitsmäßig umherziehen. — Anscheinend gesunde Personen, welche in ihren Exkreten die Erreger von Diphtherie, übertragbarer Genickstarre, Ruhr oder Typhus ausscheiden (Parasitenträger), sind auf die Gefahr, welche sie für ihre Umgebung bilden, aufmerksam zu machen und zur Befolgung der etwa erforderlichen Desinfektionsmaßnahmen anzuhalten.

2. kann der Regierungspräsident für zureisende Personen Meldepflicht anordnen.

3. Einer Absonderung nach Art der im Reichsgesetz nieder-

gelegten Bestimmungen unterliegen Genickstarre-, Ruhr-, Tollwut-, Diphtherie-, Scharlachkranke, ferner an Syphilis, Tripper und Schanker Leidende, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben, ferner kranke und krankheitsverdächtige Personen bei Rotz, Rückfallfieber und Typhus. Die Überführung diphtherie- und scharlachkranker Kinder ins Krankenhaus darf gegen den Widerspruch der Eltern nicht angeordnet werden, wenn nach Ansicht des beamteten oder des behandelnden Arztes eine ausreichende Absonderung in der Wohnung sichergestellt ist.

Stets ist tunlichst die Absonderung in der Behausung des Kranken durchzuführen; ist dies nach den Verhältnissen nicht möglich (enge, dicht bevölkerte Wohnungen, öffentliche Gebäude, Nahrungsmittelbetriebe, Fehlen von Pflegepersonal usw.), so ist durch entsprechende Vorstellungen dafür zu sorgen, daß der Kranke sich freiwillig in ein Krankenhaus überführen läßt. Erst wenn dieser Versuch fehlschlägt, wenn der beamtete Arzt es für unerläßlich und wenn der behandelnde Arzt es für zulässig erklärt, kann die Aufnahme in ein Krankenhaus angeordnet werden (s. Ausführungsbestimmungen). — Zur Beförderung solcher Kranken sollen die gewöhnlichen öffentlichen Beförderungsmittel nicht benutzt werden, bzw. muß alsbaldige Desinfektion erfolgen.

4. Wohnungen (Häuser) mit Typhus- oder Rückfallfieberkranken können durch gelbe Tafeln (Laternen) kenntlich gemacht werden.

5. Verkehrsbeschränkung für das Pflegepersonal (keine andere Pflege, Verkehr tunlichst einschränken, während der Pflege waschbares Überkleid und Desinfektion!) können angeordnet werden bei Diphtherie, Kindbettfieber, Scharlach und Typhus.

6. Für Nahrungsmittelbetriebe kann bei Diphtherie, Scharlach, Typhus; für Abdeckereien, Bürsten- und Pinselfabriken usw. bei Milzbrand gesundheitspolizeiliche Überwachung angeordnet werden.

7. Wo Rückfallfieber, Typhus oder Ruhr epidemisch auftreten, kann die Abhaltung von Märkten, Messen usw. verboten oder beschränkt werden.

8. Aus Häusern mit Erkrankungen an Diphtherie, Rückfallfieber, Ruhr, Scharlach oder Typhus sind jugendliche Personen vom Schulbesuch fernzuhalten.

In Pensionaten, Konvikten, Alumnaten, Internaten u. dgl. sind die Erkrankten abzusondern und erforderlichenfalls unverzüglich in ein geeignetes Krankenhaus oder in einen anderen geeigneten Unterkunftsraum überzuführen. Auch ist bei Diphtherie, Genickstarre und Scharlach hinzuwirken, daß diejenigen Zöglinge, welche nicht erkrankt sind, täglich mehrmals Rachen und Nase mit einem desinfizierenden Mundwasser ausspülen.

Während der Dauer und unmittelbar nach dem Erlöschen der Krankheit empfiehlt es sich, daß der Anstaltsvorstand nur solche Zöglinge aus der Anstalt vorübergehend oder dauernd entläßt, welche nach ärztlichem Gutachten gesund, und in deren Absonderungen die Erreger der Krankheit bakteriologisch nicht nachgewiesen sind.

9. Bei Ruhr und Typhus können Bestimmungen betreffs der Brunnen und Wasserläufe;

10. bei Rückfallfieber, Ruhr und Typhus betreffs Räumung von Wohnungen wie im Reichsgesetz getroffen werden.

11. Für alle Krankheiten des Gesetzes gelten Desinfektionsvorschriften, die den Ausführungsbestimmungen beigegeben sind.

12. Bei Diphtherie, Ruhr, Scharlach, Typhus, Milzbrand und Rotz können die im Reichsgesetz bezeichneten Vorsichtsmaßregeln bei der Bestattung Gestorbener Platz greifen.

Ein besonderer Paragraph des Preußischen Gesetzes bestimmt noch, daß zu ärztlicher Behandlung zwangsweise angehalten werden können a) Personen, welche an Körnerkrankheit leiden und nicht glaubhaft nachweisen, daß sie ärztlich behandelt werden; b) an Syphilis, Tripper oder Schanker erkrankte Personen, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben und dies zur Verhütung der Ausbreitung erforderlich erscheint.

Die getroffenen Anordnungen sind aufzuheben:

a) Bezüglich der kranken Personen: nach Genesung, nach Überführung in ein Krankenhaus, nach dem Ableben; jedoch stets erst nach Ausführung der Schlußdesinfektion. — Bei Ruhr und Typhus ist die Absonderung nicht eher aufzuheben als bis bei zwei, durch den Zeitraum einer Woche getrennten bakteriologischen Untersuchungen die Dejekte frei von den Erregern waren; ist dies jedoch nach 10 Wochen von Beginn der Erkrankung noch nicht der Fall, so ist trotzdem die Absonderung aufzuheben und der Kranke als Bazillenträger zu behandeln.

b) Bezüglich der krankheitsverdächtigen Personen bei Kindbett-, Rückfallfieber und Typhus, wenn sich der Verdacht als nicht begründet herausgestellt hat; bei Typhus erst wenn eine mindestens zweimalige bakteriologische Untersuchung negativ ausgefallen ist.

Bei einigen Krankheiten des Preußischen Seuchengesetzes, Typhus, Ruhr, Genickstarre, ist den in § 35 des Reichsgesetzes vorgeschriebenen vorbeugenden Maßregeln betreffs der Einrichtungen zur Wasserversorgung und Entfernung der Abfallstoffe, der Reinhaltung der Häuser und Wohnungen usw. besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden; die Gesundheitskommissionen haben (gemäß ihrer Anweisung vom 13. März 1901) hierbei mitzuwirken.

2. Mechanische Beseitigung und Abtötung der Parasiten (Desinfektion).

Unter „Desinfektion" im weiteren Sinne verstehen wir die Befreiung infizierter Menschen oder Gegenstände von Parasiten. Diese Befreiung kann entweder in einer Abtötung der Keime bestehen oder in deren mechanischer Entfernung; unter Umständen in einer Kombination von beiden. Welche Art des Vorgehens angezeigt ist, das richtet sich wesentlich danach, ob eine ansteckende Krankheit vorliegt, die nur ausnahmsweise, sei es in Einzelfällen, sei es in Epi-

demien, auftritt (Pest, Cholera, Meningitis, Typhus etc.), und bei denen es darauf ankommt, jede weitere Ausbreitung am Orte zu verhüten; oder ob die betreffende Krankheit dauernd weit verbreitet unter der Bevölkerung ist und ob es sich nur um die Befreiung bestimmter Lokalitäten oder Gegenstände von solchen verbreiteten Keimen (Staphylo- und Streptokokken, unter Umständen auch Tuberkelbazillen) handelt.

Gegenüber jenen ausnahmsweise auftretenden Krankheiten darf die Desinfektion nur mit Keimtötung vorgehen, da bei der mechanischen Beseitigung die lebenden Erreger nur verschleppt werden und neue, vielleicht gefährlichere Infektionsquellen entstehen. Dagegen dürfen jene in unserer Umgebung stets verbreiteten Keime auch durch einfache Reinigungsmethoden — Abwaschen, Bürsten, Abseifen, Klopfen etc. — bekämpft werden.

Eine gute Illustration für die Verschiedenheit der hier in Betracht kommenden Gesichtspunkte liefert die Händedesinfektion der Ärzte. Will der Arzt sich für eine aseptische Operation vorbereiten, so hat er nur das Bestreben, von seinen Händen die stets daran haftenden Keime los zu werden, die der Wunde Gefahr bringen könnten. Wohin diese Keime sonst gelangen, kann ihm gleichgültig sein. Er wird daher vor allem Reinigungsmethoden, event. kombiniert mit Tötungsmitteln, verwenden. Handelt es sich aber z. B. um Eröffnung des Bubos eines Pestkranken, so darf der Arzt nach der Operation nicht wiederum Reinigungsmethoden verwenden; diese würden ja die Pestbazillen in das Waschbecken, durch verspritzte Tröpfchen auf den Fußboden, in das Abwasser und in die rattenbewohnten Kanäle gelangen lassen; er muß vielmehr unter allen Umständen Hände und Instrumente unmittelbar in keimtötende Flüssigkeiten bringen. Wir haben daher die chirurgische und die hygienische Händedesinfektion sehr wohl auseinanderzuhalten.

a) *Verfahren zur mechanischen Beseitigung der Keime.*

Am wenigsten geeignet sind trockenes Abstauben und Fegen; die Beseitigung ist ganz unvollkommen und die Infektionsgefahr wird durch den Luftstaub vermehrt. Zu verwerfen ist auch als Mittel zur Beseitigung von Krankheitskeimen die Lüftung von Krankenzimmern oder Möbeln und anderen Gegenständen, wie dies S. 350 ausführlich dargelegt ist. Nebenbei bemerkt ist auch eine gleichzeitige Besonnung wirkungslos; die in die Stoffe eingelagerten oder durch irgendwelche deckende Schicht geschützten Krankheitserreger bleiben selbst bei anhaltender und wiederholter Besonnung und Lüftung am Leben, abgesehen davon, daß in unserem Klima oft Monate lang keine Besonnung zu haben ist.

Die Beseitigung der Keime soll daher stets auf feuchtem Wege versucht werden. Zweckmäßig ist dabei dem benutzten Wasser Seife

(ca. 3 %) oder Soda (ca. 2 %) zuzusetzen und diese Flüssigkeiten sind heiß zu verwenden; alsdann erzielt man auch noch eine teilweise Abtötung der Keime. Der Zweck dieser Zusätze ist aber hauptsächlich, Schmutzteile leichter zu lösen; zu einer vollständigen, raschen Keimtötung sind die gewöhnlichen Seifen- und Sodalösungen doch nicht befähigt (s. S. 509), und die Temperatur der Lösungen kann man nicht über ca. 50° steigern, da höhere Wärmegrade an den Händen nicht vertragen werden. Man wird also stets damit rechnen müssen, daß bei allen diesen Prozeduren das Reinigungswasser noch lebende Keime enthält.

Für Wandflächen kann Abreiben mit Brot Verwendung finden; die am Brot haftenden Keime müssen eventuell durch Verbrennen oder Befeuchten mit Kresolwasser abgetötet werden. Immerhin bleibt die Keimbeseitigung unvollständig, namentlich bei größeren Flächen.

Abwaschen und Abbürsten mit kräftig keimtötenden Mitteln kann namentlich bei glatten Flächen vollen Erfolg haben, ist aber schon nicht mehr zu den Reinigungs-, sondern zu den Desinfektionsmethoden zu rechnen.

b) *Verfahren zur Keimtötung, Desinfektion.*

Zur Desinfektion eignen sich die verschiedenen S. 509 aufgezählten Mittel, die selbstverständlich gegenüber den verschieden widerstandsfähigen Keimen in verschiedener Konzentration und mit verschiedener Dauer der Einwirkung verwendet werden müssen. Zu beachten ist dabei noch, daß die zu desinfizierenden Objekte von dem Mittel vollständig durchdrungen sein müssen; daß dabei keine chemischen, die Desinfektionswirkung schwächenden Umsetzungen eintreten dürfen; daß die Objekte durch die angewendeten Mittel nicht beschädigt werden; daß letztere für die mit der Ausführung der Desinfektion Beauftragten keine Gesundheitsschädigung herbeiführen können; und daß die Kosten der Desinfektion nicht zu hoch werden.

Bei weitem nicht alle die oben genannten, zu einer Vernichtung von Bakterien befähigten Mittel erfüllen alle diese Anforderungen und eignen sich somit für die praktische Desinfektion.

Ganz abzusehen ist von den früher gebräuchlichen gasförmigen Desinfektionsmitteln, wie schweflige Säure, Chlor-, Brom- und Sublimatdampf. Die schweflige Säure sollte in einer Konzentration von 1·4 Volumprozent mindestens 8 Stunden einwirken, und es sollte zu dem Zwecke pro 1 cbm Raum 20 g Schwefel verbrannt werden. Es werden hierdurch aber nur die in den oberflächlichsten Schichten gelegenen Krankheitserreger abgetötet und auch diese nur bei gleichzeitiger Anfeuchtung der Objekte; dann aber werden letztere stark beschädigt. Chlor- und Bromgas eignen sich noch weniger, weil sie sich viel schwerer in allen Teilen des Raumes verteilen und weil sie

die Objekte noch stärker beschädigen. — Sublimatdämpfe, durch Erhitzen von Sublimat hergestellt, verdichten sich, sobald sie sich abkühlen und ehe sie mit den Objekten in Berührung kommen, zu fester Substanz und dringen dann gar nicht ein. — Manche Verfahren (Sprengen mit Karbolwasser, Eukalyptol, Aufhängen von Karbolpapier, Ozonlämpchen usw.) charakterisieren sich schon dadurch, daß dabei gar kein Versuch zur quantitativen Anwendung gemacht wird, als verwerfliche Schwindelmittel.

Am besten bewährt haben sich zur praktischen Desinfektion folgende Mittel:

1. Verbrennen, jedoch nur für kleinere wertlose Gegenstände. Größere Objekte, insbesondere das Stroh der Bettsäcke, können kaum jemals in dem Hause des Erkrankten mit solcher Vorsicht verbrannt werden, daß keine Ausstreuung von Infektionserregern dabei erfolgt.

2. Kochen in Wasser (ev. mit Sodazusatz). Alle in Betracht kommenden Krankheitserreger werden schon durch 5 Minuten langes Kochen vernichtet; sicherheitshalber ist 15 Minuten langes Kochen vorzuschreiben. Bei schmutzigen und fettigen Substanzen, ferner bei schleimigen Absonderungen ist Sodazusatz zum Wasser (2 Prozent) besonders zu empfehlen. — Anwendbar für Eß- und Trinkgeschirr usw. Nicht für beschmutzte Wäsche, in welcher durch das Kochen festhaftende Flecken entstehen.

3. Sublimat (1 : 1000). Zu bereiten durch Auflösung der rosa gefärbten Angererschen Pastillen (Pastilli hydr. bichlor. des Arzneib. f. d. D. Reich). Da Sublimat mit Eiweißkörpern unlösliche Verbindungen eingeht, ist dasselbe für frische Absonderungen nur verwendbar, wenn Kochsalz zugegen ist; es wird dadurch die Ausfällung des Sublimats verhindert. Die erforderliche Menge ClNa ist in den Pastillen vorhanden; stärkerer Zusatz würde die Desinfektionswirkung herabsetzen. Für phthisisches Sputum sind stärkere Konzentrationen (5 p. m.) zu verwenden. — Die Giftigkeit der Lösung 1 : 1000 ist eine sehr geringe. Die Maximaldosis (für innerlichen Gebrauch) ist erst in 30 ccm enthalten. Nur die Pastillen dürfen dem Publikum nicht in die Hände gegeben werden.

4. Karbolsäurelösung (3 Prozent); 30 ccm Acid. carbol. liquefact. mit Wasser zu 1 Liter aufgefüllt und gemischt; tötet zwar Milzbrandsporen nicht, aber z. B. Eiterkokken schneller als die vorgenannte Sublimatlösung. Wirksamer und billiger: 5. Verdünntes Kresolwasser (2,5 $^0/_0$), 50 ccm Liq. Cresoli saponatus oder 500 ccm Aqua cresolica mit Wasser zu 1 Liter aufgefüllt, gemischt. Sublimat-, Karbolsäure- und Kresollösung sind anwendbar für Abwaschen des Fußbodens und anderer Flächen, verschiedenster Utensilien, Ledersachen, zum Einlegen von Wäsche usw.

6. Kalkmilch (vor dem Gebrauch umzuschütteln); zur Desinfektion von Dejekten, Abortgruben, Rinnsteinen usw.

Die Kalkmilch wird folgendermaßen bereitet: Etwa 100 Volumteile gebrannter Kalk werden mit 60 Teilen Wasser gelöscht (CaO in $Ca[OH]_2$ verwandelt), indem man die Kalkstücke in eine Schale legt, deren Boden mit dem Wasser bedeckt ist. Die Kalkstücke saugen das Wasser auf und zerfallen unter starker Wärmeentwickelung zu Pulver von Kalkhydrat. Von diesem Pulver wird 1 Liter mit 4 Liter Wasser gemischt; man erhält so eine 20 prozentige Kalkmilch. — Erheblich einfacher ist es, aus einer Kalkgrube fertigen gelöschten Kalk zu entnehmen und 1 Liter davon mit 3 Liter der entsprechenden Menge Wasser zu mischen.

7. Chlorkalkmilch; wie Kalkmilch zu verwenden. Bereitet aus 1 Liter in verschlossenen Gefäßen aufbewahrten und stechend nach Chlor riechenden Chlorkalks, dem allmählich unter Rühren 5 Liter Wasser zugesetzt werden. Für Badewässer ist die Chlorkalkmilch durch Absitzen oder Abseihen zu klären.

8. Formalinlösung (= 35 $^0/_0$ ige wäßrige Lösung von Formaldehyd), 30 gr auf 1 Liter Wasser. Für Haarbürsten, Messer, Gabeln usw.

9. Formaldehyd (CH_2O, Oxydationsprodukt des Methylalkohols) in Gasform. Das Bestreben, die an den verschiedensten Objekten eines Wohnraumes haftenden Parasiten gleichzeitig durch ein gasförmiges Desinfiziens abzutöten, stieß früher auf unüberwindliche Schwierigkeiten, falls die Objekte unbeschädigt bleiben sollten. Erst mit Hilfe des Formaldehyds ist eine durchaus schonende und doch ausreichende Desinfektion für oberflächlich infizierte Gegenstände und Wohnungsteile gelungen. Die praktisch in Betracht kommenden Krankheitserreger werden abgetötet, wenn 5 g Formaldehyd (enthalten in 15 ccm Formalin) pro Kubikmeter Wohnraum 4 Stunden lang, oder in besonderen Fällen (überfüllte Räume) 7 Stunden, einwirken. Indessen müssen zum Gelingen der Desinfektion noch eine Reihe wichtiger Bedingungen erfüllt sein, die unten zusammengestellt sind.

10. Trockene Hitze, von 78° und nur 30—40 $^0/_0$ Feuchtigkeit, bei einer Einwirkungsdauer von 48 Stunden (in gut reguliertem doppelwandigem Trockenofen); tötet alle Krankheitserreger sicher ab. Geeignet für schonende Desinfektion empfindlicher Objekte, z. B. Bücher, Akten, alle Ledersachen, Pelzwerk, Stiefel, Uniformen usw.

11. Wasserdampf von 100—120°, in besonderen Desinfektionsöfen. Für Objekte, die bis in größere Tiefe als infiziert angesehen werden müssen und daher durch Formaldehydgas nicht

vollständig desinfiziert werden (Matratzen, Betten, Kleider, bei Eiterungen u. dgl.).

Die unter Nr. 9 und 11 aufgezählten Verfahren der Formaldehyd- und der Dampfdesinfektion bedürfen noch näherer Beschreibung.

Formaldehyddesinfektion.

Der zu desinfizierende Wohnraum muß zunächst sorgfältig abgedichtet werden, damit die erforderliche Konzentration des Gases erreicht wird und tunlichst lange bestehen bleibt.

Nur bei rascher Entwicklung stark überschüssiger Gasmengen (improvisierte Verfahren s. unten), kann die Abdichtung unterbleiben. — Ferner muß gleichzeitig (oder vorher) die Luft mit Wasserdampf übersättigt werden; es erfolgt dadurch an allen zugänglichen Flächen Kondensation von Wasserdampf und Formaldehyd und eine oberflächliche Durchfeuchtung mit wirksamer Formaldehydlösung. An warmen Gegenständen (Öfen, Schornsteine) erfolgt keine Kondensation; dieselben müssen erforderlichenfalls gesondert durch Abwaschen mit desinfizierenden Lösungen desinfiziert werden. — Da nur eine Oberflächen-Desinfektion stattfindet und die Wirkung in porösen Stoffen sich nur bis in geringe Tiefe erstreckt, sind zunächst alle Objekte von der Formaldehyddesinfektion auszuschließen, in welche Exkrete und Parasiten in größere Tiefe eingedrungen sind, ebenso Exkrete selbst in dickerer Schicht. Frische Sputa, grob verunreinigte Stellen des Fußbodens, Taschentücher und sonstige mit Exkreten stärker beschmutzte Wäsche sind daher durch Sublimat- oder Kresollösung gesondert zu desinfizieren; Betten und Matratzen, die erheblich und nicht nur oberflächlich verunreinigt sind, müssen in den Desinfektionsofen transportiert werden. Außerdem müssen alle sonstigen für die Formaldehyddesinfektion geeigneten Objekte so in dem Wohnraum aufgestellt bezw. aufgehängt werden, daß ihre gesamten Oberflächen der Luft frei ausgesetzt sind. Die Gegenstände dürfen sich dabei nicht berühren oder einander zu nahe gerückt werden. — Bei sehr kleinen Zimmern und starker Füllung mit Gegenständen ist ein Zuschlag an Zeitdauer oder an Formaldehydmenge empfehlenswert, da nicht eigentlich der Kubikraum, sondern die Masse der absorbierenden Flächen den Verbrauch beeinflußt.

Eine Beschädigung der Objekte tritt durch diese Art von Desinfektion nicht ein. Wohl aber hält sich der stechende, die Schleimhäute stark reizende Geruch des Formaldehyds sehr lange im Zimmer und haftet nachhaltig an Betten, Kleidern usw. trotz energischen Lüftens. Praktisch verwendbar ist die Formaldehyddesinfektion daher erst geworden, seit man ein einfaches Verfahren kennt, um den Geruch zu beseitigen. Dasselbe besteht darin, daß zu Ende der Desinfektion noch bei geschlossenem Zimmer durch das Schlüsselloch Ammoniakgas eingeleitet wird. Dieses bildet mit dem Formaldehyd die feste Verbindung Hexamethylentetramin. Die Menge des Ammoniaks, das am einfachsten durch Verdampfen von käuflicher 25 prozentiger Ammoniaklösung hergestellt wird, muß der Menge des entwickelten Formaldehyds angepaßt werden.

Die Darstellung des Formaldehyds kann in sehr verschiedener Weise geschehen; wenn nur die oben aufgeführten Bedingungen richtig eingehalten werden, ist die Wahl des Apparats zur Formaldehydentwicklung nebensächlich

und ist wesentlich nur nach den Kosten, der Einfachheit und praktischen Brauchbarkeit des Verfahrens zu entscheiden.

Früher versuchte man Lampen zu verwenden, in welchen Methylalkohol zu Formaldehyd oxydiert wurde. — Trillat, Rosenberg und Schlossmann gingen vom Formalin, der 40 prozentigen wäßrigen Lösung des Formaldehyds aus und suchten durch Verdampfen oder Versprayen daraus Formaldehyd in Gasform frei zu machen. Um aber eine Abscheidung von unwirksamen Polymerisierungsprodukten zu verhindern, die aus dem Formaldehyd leicht entstehen, benutzten sie besondere Zusätze, die sich später als unnötig und zu teuer erwiesen. Schering empfahl die Vergasung von Pastillen von Paraform, ein bequemes, aber teures Verfahren.

Krell-Elb konstruierte Glühblocks, in denen Paraform vergast wird; das Verfahren ist teuer und die Verteilung des Formaldehyds ungleich. — Eine Art von Improvisation soll ermöglicht werden durch die Stahlbolzen von Krell bezw. die eisernen Kugelketten von Springfeld. Dieselben werden in einer Feuerung rotglühend gemacht uud dann in Behälter mit Formalin eingelegt, so daß große Mengen Formaldehyd rasch verdampfen. Die erforderlichen Manipulationen sind schwierig, zuweilen tritt Entzündung des Formaldehyds ein, immer muß mit großen Überschüssen von Formaldehyd gearbeitet werden. Für wiederholte Anwendung ist das Verfahren nicht verwendbar; für ausnahmsweise Improvisationen sind aber erhitzte Chamottesteine entschieden besser als die eisernen Ketten (Steinitz).

Czaplewski und Prausnitz haben Sprayapparate zum Versprayen von Formalin angegeben, die in der Praxis gute Resultate geliefert zu haben scheinen. — Neuerdings ist von Eichengrün das Autan-Verfahren empfohlen (von den Farbwerken in Elberfeld in Handel gebracht). Das Autan stellt ein pulverförmiges Gemisch von polymerisiertem Formaldehyd und Metallsuperoxyden (z. B. Baryumsuperoxyd) dar; beim Übergießen mit etwa der doppelten Menge Wasser entwickeln sich unter Aufschäumen und starker Temperaturerhöhung große Mengen Formaldehyd und Wasserdampf. In ähnlicher Weise wird demnächst aus einem pulverförmigen Gemisch durch Wasserzusatz Ammoniak entwickelt. Das Verfahren ist in der Tat sehr einfach. Außer den die erforderliche Menge Formaldehyd und Ammoniak liefernden Paketen (Blechdosen) ist aber noch ein großer, hoher Waschzuber für die Autan- und ein kleineres Gefäß für die Ammoniakentwicklung erforderlich, die man nicht in jedem Hause vorfindet. Der desinfektorische Effekt ist, wenn die Menge etwa $^1/_3$ höher als nach der bisherigen Vorschrift gewählt wird, ausreichend, jedoch nur wenn Abdichtung des Zimmers vorausgeht; zweckmäßig ist es, den Wasserdampfgehalt durch vorheriges Befeuchten des Fußbodens, Aufhängen nasser Tücher usw. zu verstärken. — Der Preis des Autans ist einstweilen so hoch, daß das Verfahren mit den übrigen nicht konkurrieren kann.

Bisher hat sich in der Praxis am meisten bewährt die Verdampfung von verdünntem Formalin (Breslauer Methode). Da außer der Formaldehydentwicklung auch eine Entwicklung reichlicher Wasserdampfmengen durchaus erforderlich ist, ist es das Zweckmäßigste, das zur Verdampfung jeweils erforderliche Formalin- und Wasserquantum zusammenzugießen und dies Gemisch in einem einfachen Behälter mit großer Heizfläche zu verdampfen. Durch diese Verdünnung des Formalins wird dann gleichzeitig jeder Polymerisierung des Formaldehyds vorgebeugt. — Als Verdampfungsapparat kann der in Fig. 142

abgebildete Kupferkessel und die dazu gehörige Spirituslampe benutzt werden. — Nach beendeter Desinfektion ist Ammoniak aus einem kleineren Kessel von



Fig. 142.
Breslauer Apparat zur Formaldehydentwicklung.

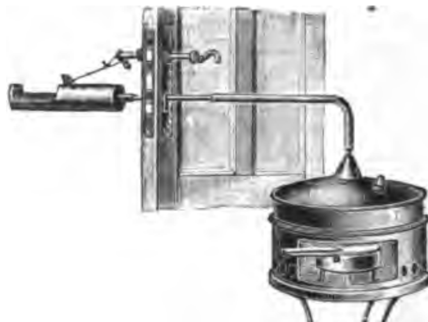


Fig. 143.
Ammoniakeinleitnng.

der Form wie in Fig. 143 zu entwickeln; das durchs Schlüsselloch geleitete Rohr führt in eine Auffangrinne, um Beschädigungen des Fußbodens vorzubeugen.[1] Die für jede Raumgröße erforderlichen Mengen von Formalin, Wasser, Ammoniak und Spiritus (Kol. 4 für die Formaldehyd-, Kol. 6 für die Ammoniakverdampfung) sind aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Um 5 g Formaldehyd auf 1 cbm Raum zu entwickeln, ist der „Breslauer Apparat" zu beschicken mit:

1. Raumgröße in cbm	2. Formaldehydlösung (35 Proz.)	3. Wasser	4. Spiritus (90 Proz.)	5. Ammoniak (25 Proz.)	6. Spiritus (90 Proz.)
10	400	600	200	150	15
20	550	850	300	300	30
30	650	1000	400	400	40
40	800	1200	500	550	50
50	900	1350	550	600	60
60	1000	1500	600	750	75
70	1150	1750	750	900	90
80	1250	1850	800	1000	100
90	1400	2100	900	1150	120
100	1500	2250	1000	1200	130
110	1650	2500	1050	1350	140
120	1750	2650	1150	1500	150
130	1900	2850	1250	1600	160
140	2000	3000	1300	1750	170
150	2100	3150	1350	1800	180

[1] Die Apparate und Utensilien sind z. B. zu beziehen von G. Haertel, Breslau, Albrechtstraße; Boje, Göttingen. Außerdem können dieselben nach den genauen Angaben in Flügge: Die Wohnungsdesinfektion durch Form-

Die Wohnungsdesinfektion durch Formaldehyd repräsentiert einen bedeutenden Fortschritt gegenüber dem sonst anzuwendenden Verfahren der Wohnungsdesinfektion. Dieses besteht darin, daß die Desinfekteure der Reihe nach die verschiedenen Teile der Wohnung einzeln behandeln; den Fußboden und viele Gegenstände durch Abwaschen mit Sublimatlösung, die Wände ebenso oder durch Abreiben mit Brot, glatte Möbel durch trockenes Abreiben; so viel als möglich sind die Gegenstände, insbesondere Betten, Kleider, Wäsche usw. nach der Desinfektionsanstalt zu schaffen. Das Gelingen dieser Desinfektion hängt im Einzelfall ganz von der Sorgfalt ab, welche der Desinfektor aufwendet; Nachlässigkeiten sind bei der täglich wiederholten einförmigen Arbeit unvermeidlich. Ferner ist das Publikum besonders mißtrauisch gegen das Fortschaffen der Gegenstände aus der Wohnung; ein Verfahren, bei welchem alles in der Wohnung verbleibt und dort ohne jede Beschädigung desinfiziert wird, findet viel leichter Eingang. — Die Kosten stellen sich außerdem bei der Formaldehydmethode niedriger.

Allerdings wird man die Formaldehyddesinfektion nicht überall und nicht bei allen Infektionskrankheiten als genügend ansehen können. Nicht anwendbar ist sie in manchen ländlichen nicht abdichtbaren Behausungen; schwer anwendbar in überfüllten Arbeiterwohnungen. — Ferner ist bei Pocken, Pest, septischen Erkrankungen, Typhus, Cholera usw. die Dampfdesinfektion der Betten und Matratzen nicht zu entbehren; diese muß hier neben der Formaldehyddesinfektion erfolgen.

Auch zur Desinfektion von Kleidern z. B. von Phthisikern läßt sich Formaldehydgas verwenden. Die Desinfektion geschieht in der Desinfektionsanstalt in einem besonderen dicht verschließbaren Schrank von $^1/_2$ cbm Inhalt. Die Kleider werden in einer einfachen Leinenhülle nach der Anstalt transportiert, von der Hülle befreit und einzeln, am besten auf Holzbügeln, lose nebeneinander in den Schrank gehängt. Durch eine Durchbohrung der Schrankwand werden mittels des Formalinapparates zunächst die Dämpfe von 2 Litern Wasser hereingelassen; sodann wird der Apparat mit 135 ccm 35 prozentiger Formaldehydlösung und 500 ccm Wasser beschickt, und die Dämpfe ebenfalls in den Schrank hineingeleitet. 5 Stunden darauf werden 60 ccm Ammoniak mit Hilfe des Ammoniakentwicklers in den Schrank eingeleitet, nach $^1/_2$ Stunde wird der Schrank geöffnet, die Kleider werden herausgenommen und ausgebreitet. Sie sind noch am selben Tag benutzbar.

Für die Dampfdesinfektion kommen zahlreiche Gegenstände in

---

aldehyd, Jena 1900, S. 12 von jedem Klempner hergestellt werden. Wiederholt sind schlecht gearbeitete Apparate benutzt und daraufhin ist das Verfahren angegriffen. Das ist selbstverständlich unzulässig. Jeder, der das Verfahren anwendet, muß sich vorher darüber versichern, daß der benutzte Apparat den genau präzisierten Anforderungen entspricht.

Betracht, welche in der Wohnung des Kranken nicht ausreichend oder nicht ohne Beschädigung desinfiziert werden können. Dahin gehören infizierte Betten, Kleider, Matratzen, Strohsäcke, Teppiche, Vorhänge.

Dampfdesinfektion.

Die Desinfektionsöfen enthalten einen Raum, in welchem die zu desinfizierenden Objekte eingelagert oder aufgehängt werden und der vom Dampf durchströmt wird. Sie sind entweder für ungespannten resp. sehr wenig gespannten Dampf von 100—104° eingerichtet; oder aber für stark gespannten Dampf von mehr als 110°. In jedem Falle muß das Erhitzen in einer reinen Wasserdampf-Atmosphäre geschehen; sobald Luft neben Wasserdampf im Ofen enthalten ist, kommt eine vollständige Desinfektion innerhalb kurzer Zeit nicht zustande (vgl. S. 511).

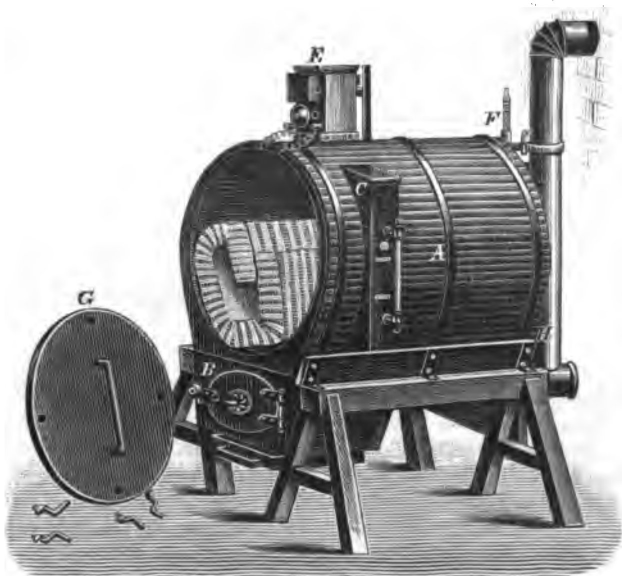


Fig. 144. THURSFIELDscher Apparat.
A Mit Holz verkleideter Zylinder. *B* Feuerung. *C* Wassereinguß mit Wasserstandsrohr. *E* Signalpyrometer. *F* Termometer. *G* Tür.

Bei den Apparaten für ungespannten Dampf ist daher die Einrichtung getroffen, daß der Dampf während der ganzen Desinfektionsdauer den Apparat durchströmt; außerdem gibt man dem Dampf gern einen minimalen Überdruck (durch Verengerung der Abströmungsöffnung), damit jedes Eindringen von Luft in das Innere des Ofens sicher ausgeschlossen ist.

Die Kleider, Betten usw. sind vor dem an den Innenwänden des Apparats reichlich sich bildenden Kondenswasser möglichst zu schützen; sie werden von demselben derartig durchnäßt, daß leicht Flecke entstehen. Ebenso ist zu vermeiden, daß die Objekte im kalten Zustand mit dem heißen Dampf

zusammentreffen, da sonst zu starke Kondensation im Innern der Objekte erfolgt. Man trifft daher Vorkehrungen, daß eine allmähliche Erwärmung der in den Apparat gebrachten Sachen erfolgt, ehe der Dampf einströmt. Ist dies geschehen, so bringt der heiße Dampf nur eine ganz minimale Durchfeuchtung der Sachen zuwege, die sich aufs schnellste beseitigen läßt, wenn die Sachen nach dem Herausnehmen aus dem Ofen hin und hergeschwenkt oder auf Regalen ausgebreitet werden. Bei großen Apparaten bestehen besondere Einrichtungen zum Trocknen der Sachen innerhalb des Ofens; es wird dann die Dampfzufuhr abgestellt und durch Ventilationsöffnungen, womöglich unter gleichzeitiger Erwärmung des Innenraums, ein kräftiger Luftstrom durch den Apparat geleitet.

Die einfachsten Desinfektionsöfen lehnen sich an die für das Sterilisieren der Utensilien in den Laboratorien gebräuchlichen Apparate an und bestehen aus einem großen Waschgefäß, einem vertikalen Zylinder von $1-1^1/_2$ m Höhe und 50—80 cm Weite und einem nach oben verjüngten Aufsatz, dem sogenannten Helm. Der Wasserkessel ist entweder in einen Herd einzusetzen oder wird mit Gas geheizt; der Dampf durchströmt dann den Zylinder und entweicht schließlich durch die enge Öffnung des Helms. In den Zylinder werden die Objekte eingehängt oder in Körben eingelagert. — Solche Apparate lassen sich in der primitivsten Weise und sehr billig improvisieren. Ein Faß ohne Böden auf einen Waschkessel gestellt und mit durchlochtem Deckel versehen, kann schon für einige Zeit ausreichende Dienste tun.

Für ständigen Betrieb haften diesen Apparaten aber mehrere Nachteile an. Die Durchfeuchtung mit Kondenswasser beschädigt die Sachen; letztere sind in den aufrechtstehenden hohen Zylinder schwer hineinzubringen usw.

Diesen Nachteilen wird dadurch abgeholfen, daß der Zylinder horizontal gelagert wird und daß eine Vorwärmung des Apparats und der Objekte stattfindet, welche die Bildung von Kondenswasser hindert.

Besonders kompendiös und praktisch ist der THURSFIELDsche Desinfektionsofen. Der horizontal gelagerte Zylinder (*A* Fig. 144) von 50 ccm bis 1·5 m Durchmesser (je nach der Größe der zu desinfizierenden Objekte) ist außen in einem Abstand von 3 bis 19 cm von einem Blechmantel umkleidet; der untere Teil des Mantelraums wird mit Wasser gefüllt und dient als Kessel (s. den schematischen Durchschnitt, Fig. 145). Von der oberen Dampf enthaltenden Hälfte führen Öffnungen den Dampf in das Innere des Zylinders; die Abströmungsöffnung wird unten (Fig. 145, *d*) angebracht. Der Zylinder ist vorn und hinten durch

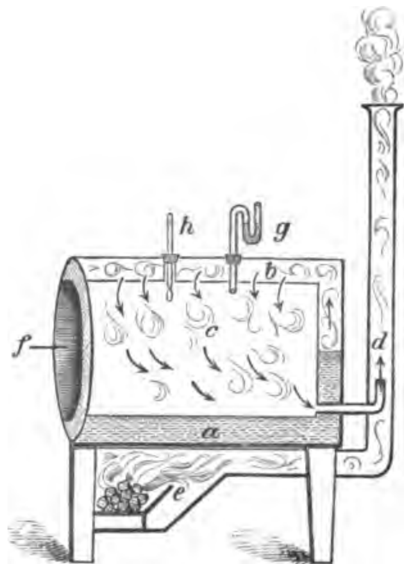


Fig. 145. Durchschnitt durch den THURSFIELDschen Desinfektionsofen.
a Wasser. *b* Dampf. *c* Desinfektionsraum. *d* Dampfabführung. *e* Feuerung. *f* Türöffnung. *g* Manometer. *h* Termometer.

Türen geschlossen, die mit Schrauben dampfdicht angepreßt werden. Um den äußeren Mantel ist zum Wärmeschutz noch eine Holz- oder Filzbekleidung gelegt. — In diesem Ofen findet nach dem Anheizen (mit Gas oder Feuerung) und vor dem Einströmen des Dampfes eine solche Durchwärmung des Apparats und der Objekte statt, daß eine kaum merkliche Kondensation erfolgt und kurzes Schwenken der herausgenommenen Kleider und Betten dieselben völlig trocken erscheinen läßt.

Von Budenberg in Dortmund ist ein sehr praktischer Desinfektionsofen konstruiert, der von einem besonderen Dampfentwickler mit Dampf versehen wird. Der Ofen stellt einen liegenden ovalen Zylinder dar (Fig. 146), dessen Innenseite mit Schuppenblechen ausgekleidet ist und dadurch eine Durchfeuchtung der Objekte hindert. Der Apparat empfiehlt sich besonders da, wo derselbe an einen bereits bestehenden Dampfkessel angeschlossen werden kann.

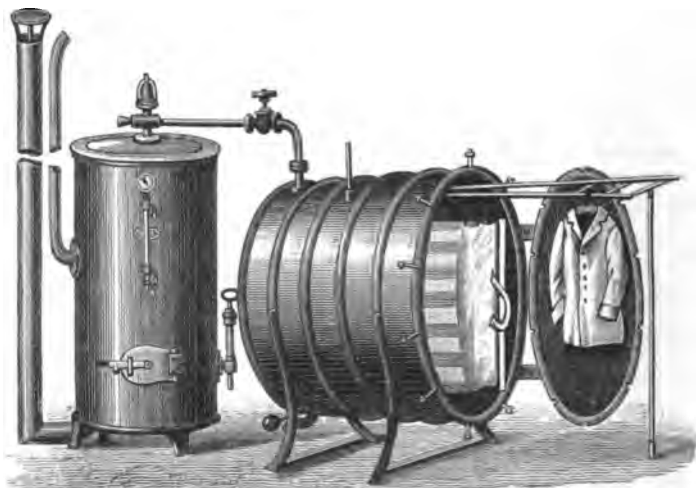


Fig. 146. Budenbergs Desinfektionsofen.

Größere Apparate (von Schimmel & Comp. in Chemnitz; Hartmann, früher Rietschel & Henneberg in Berlin S.; Rohrbeck in Berlin) enthalten einen Innenraum von 2—6 cbm und von quadratischem oder oblongem Querschnitt. Zum Betriebe bedürfen sie eines großen Dampfkessels. Eine Vorwärmung der Objekte wird bei ihnen dadurch erzielt, daß Heizrohre oder Rippenheizkörper in das Innere des Apparats vorragen; diese werden zuerst mit Dampf angeheizt, und erst wenn die Erwärmung genügend ist, läßt man den Dampf in den inneren eigentlichen Desinfektionsraum einströmen. Nach der Beendigung der Desinfektion wird wiederum nur durch die Heizkörper erwärmt und zugleich läßt man Luft durch den Innenraum strömen; dadurch erfolgt schnelles und vollkommenes Trocknen der Objekte.

Mehrfach hat man versucht, durch stark erhitzte Heizkörper dem strömenden Dampf eine höhere Temperatur zu geben, in der Absicht, damit eine schnellere Desinfektion zu erzielen. Versuche haben jedoch zweifellos ergeben, daß durch ein solches Verfahren die desinfizierende Wirkung nicht erhöht, sondern sogar erheblich verringert wird.

Die Apparate mit gespanntem Dampf von 110—120° (z. B. von Geneste & Herrscher) sind nach den Vorbildern der in den Laboratorien gebräuchlichen Autoklavenöfen konstruiert. Besondere Vorsicht muß hier darauf verwendet werden, daß die Luft durch den Dampf vollständig ausgetrieben wird; schließlich ist Dampf in den geschlossenen Apparat einzulassen, bis die Manometer ca. $^1/_2$—1 Atmosphäre Überdruck und eingesetzte Thermometer die entsprechende Temperatur von 110—120° zeigen. Hat die höchste Spannung 5—10 Minuten bestanden, so läßt man den Dampf aus- und wieder Luft einströmen. — Diese Apparate gestatten einen schnelleren Betrieb; aber die Bedienung muß eine peinlich sorgfältige sein; und die Apparate sind daher für allgemeine Einführung nicht zu empfehlen.

Bei der Auswahl eines Ofens ist namentlich in Erwägung zu ziehen, daß in kleineren Städten und Anstalten die zu desinfizierenden Objekte gewöhnlich einen sehr geringen Umfang haben. Es erschwert den Betrieb und erhöht die Kosten der Desinfektion in unnötiger Weise, wenn dafür jedesmal ein großer Apparat angeheizt werden muß, während bei stärkerer Häufung der Objekte ein kleiner Apparat leicht mehrere Male an einem Tage beschickt werden kann. Für Landgemeinden und kleinere Städte reichen daher Apparate von 1·5 m Länge und 1 m Höhe des Innenraums vollkommen aus; dieselben können große Bündel von Betten, eine zusammengerollte Matratze u. dgl. auf einmal aufnehmen. Größere Städte können einen großen Apparat nicht entbehren, stellen aber zweckmäßig daneben einen oder mehrere kleinere auf, die dann weitaus am häufigsten benutzt zu werden pflegen.

Die Aufstellung des Apparats in der Desinfektionsanstalt erfolgt häufig so, daß die letztere streng in zwei Abteilungen geschieden wird, und daß die Trennungswand über die Mitte des mit zwei Türen versehenen Desinfektionsofens hinweggeht. Durch einen besonderen Eingang gelangen die infizierten Sachen in die eine (unreine) Abteilung, werden von da in den Apparat eingeschoben, dann aber, um eine Reinfektion in der unreinen Abteilung zu vermeiden, auf der anderen (reinen) Seite durch anderes Personal (oder nachdem die Desinfekteure auf der unreinen Seite ihre Dienstkleider gelassen und ein Bad passiert haben, das den einzigen Durchgang zur reinen Seite bildet) aus dem Ofen herausgenommen und auf anderen Wagen dem Publikum wieder zugestellt.

Diese Einrichtung ist dann unbedingt nötig, wenn dem Publikum die beliebige Einlieferung von desinfektionsbedürftigen Sachen in die Anstalt gestattet ist, was aber nie geschehen sollte, da beim Transport der Sachen eine starke Ausstreuung von Infektionserregern unvermeidlich ist; ferner wenn die Sachen zwar mit Hüllen eingeliefert, in der Anstalt aber aus diesen herausgenommen und lose in den Apparat gelegt werden. — Das Richtigste ist entschieden, daß alle Sachen stets von geschulten Desinfekteuren aus den Wohnungen abgeholt und nach der Anstalt transportiert werden. Diese sind instruiert, die Sachen in mit Sublimatlösung befeuchteten Säcken oder Laken zu befördern, die direkt in die Öfen gelangen, so daß weder unterwegs noch in der Anstalt eine Ablösung von Krankheitserregern erfolgen kann. Alsdann ist die Trennung der reinen und unreinen Seite nicht mehr begründet und geschieht höchstens zur Beruhigung für das Publikum. — Für ländliche Gemeinden sind unter Umständen fahrbare Desinfektionsöfen angezeigt.

Jeder Desinfektionsofen ist vor der praktischen Benutzung auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen und es ist eine Instruktion für den Heizer aufzustellen, nach welcher dieser die Desinfektion ausführt. — Für die „Instruktion“ muß bekannt sein: 1. die Dauer des Anheizens, d. h. wie lange Zeit vom Anzünden des Feuers an vergeht, bis der abströmende Dampf 100° zeigt; 2. die Dauer des Eindringens, d. h. wie lange Zeit vergeht, bis die Temperatur von 100° auch in das Innere der Objekte vorgedrungen ist. Beide Zeiten variieren sehr erheblich je nach der Konstruktion (Heizfläche usw.) und nach dem Betriebe (Art der Heizung, Packung der Kollis). Um zu bestimmen, welche Eindringungsdauer der Ofen bei gutem Betriebe leistet, wird in ein möglichst voluminöses Objekt, am besten ein Bettenkolli, ein Maximalthermometer eingelegt; nach Ablauf einer gewissen Zeit wird der Ofen geöffnet und nachgesehen, ob das Thermometer bereits 100° erreicht hat. Die Prüfung kann auch geschehen durch Einlegen von Fäden mit Milzbrandsporen in ein großes Kolli und Prüfen derselben nach vollendeter Desinfektion auf ihr Wachstum und ihre Infektionsfähigkeit. Sind 100° nicht erreicht oder die Sporen nicht abgetötet, so muß der Versuch wiederholt werden. — Will man mit einem Versuche zum Ziel kommen, so legt man in das Innere des Deckenbündels ein Kontaktthermometer, dessen Legierung bei 100° schmilzt oder besser (da die Legierungen zu ungleich ausfallen) ein Stuhl-Lautenschlägersches Quecksilberskalen-Kontaktthermometer ein; dieses signalisiert dann durch ein elektrisches Läutewerk das Durchdringen der 100°-Temperatur. — Die Eindringungsdauer beträgt gewöhnlich zwischen 30 und 60 Minuten. 3. Von dem Moment ab, wo an allen Stellen der Objekte die Temperatur von 100° aufgetreten ist, beginnt die eigentliche Desinfektion, die noch etwa 10 Minuten einzuwirken hat, um auch die widerstandsfähigsten Krankheitserreger abzutöten; für gewöhnlich genügen 5 Minuten. — Über jede Einzelleistung des Apparats im Betriebe läßt sich ein Urteil gewinnen durch Einlegen Stichersecher Phenanthren-Apparate (Glasröhrchen, in welchen Phenanthren, das bei 98° schmilzt, eingeschlossen ist; eine doppelte Glashülle verlangsamt das Eindringen der Maximaltemperatur um 5 Minuten, also um die für die Abtötung erforderliche Zeit; zu beziehen von Glasbläser Schmidt-Breslau) in das voluminöseste Kolli.

Die Resultate der Desinfektion in diesen Öfen sind vollkommen befriedigend. Die Vernichtung der Krankheitserreger erfolgt bei richtiger Handhabung regelmäßig und sicher. Eine Beschädigung der Sachen tritt nicht ein; allerdings sind auszuschließen alle Leder- und Gummisachen, die im Dampf hart werden und schrumpfen; ebenso Bücher, Pelzwerk, auch feinere Herren- und Damenkleider. Diese Gegenstände sind nur unversehrt zu erhalten bei der Desinfektion durch trockene Hitze. Auszuschließen von der Dampfdesinfektion ist ferner alle mit Blut, Eiter oder Kot stark beschmutzte Wäsche; in derselben entstehen wie durch das Kochen (S. 542) festhaftende Flecke. Um auch solche Wäsche in der Desinfektionsanstalt desinfizieren zu können, befinden sich dort zweckmäßig außer den Öfen Behälter von $1/2$ bis 1 cbm Inhalt, die mit Sublimat-Kochsalzlösung (1 g Sublimat, 12 g Kochsalz auf 2 Liter Wasser) oder mit Aq. Cresoli + Wasser

ana gefüllt sind. Die beschmutzte Wäsche muß von den Desinfekteuren bereits in der Wohnung ausgeschieden und in einem besonders bezeichneten Sack zur Anstalt geschafft werden. Dort wird der ganze Sack für 6 Stunden in die Sublimatlösung eingelegt; dann wird in einem zweiten Behälter mit fließendem Wasser die Sublimatlösung entfernt, darauf der Sack geöffnet, die Wäsche oberflächlich getrocknet und dem Eigentümer wieder zugestellt.

Ausführung der Desinfektion.

Dieselbe ist verschieden, je nachdem dieselbe während der Krankheit oder aber nach Ablauf der Krankheit stattfinden soll. Die (polizeilich angeordnete) Desinfektion nach Ablauf der Krankheit, sogen. Schlußdesinfektion, beseitigt die Krankheitskeime, welche nach der Genesung des Kranken, nach dessen Tode oder nach dem Verlassen der Wohnung an Teilen der letzteren und an Gebrauchsgegenständen etwa haften. Wenn durch die Schlußdesinfektion auch gewiß oft eine Verschleppung der Krankheit verhütet wird, so hat dieselbe doch keinen Einfluß auf die tausendfältigen Übertragungen von Krankheitskeimen, welche während der Dauer der Krankheit erfolgen können. Um diesen vorzubeugen, müssen vielmehr die in der Umgebung des Kranken befindlichen Angehörigen und die Pflegenden die im folgenden aufgezählten, in den Ausführungsbestimmungen zum Preuß. Seuchengesetz vorgeschriebenen Desinfektionen vom ersten Beginn einer akuten übertragbaren Erkrankung an fortdauernd mit größter Gewissenhaftigkeit zur Ausführung bringen:

1. Ausscheidungen des Kranken:
   a) Lungen- und Kehlkopfsauswurf, Rachenschleim und Gurgelwasser werden in Speigefäßen aufgefangen, welche bis zur Hälfte gefüllt werden;
      α) entweder mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung; in diesem Falle dürfen die Gemische erst nach mindestens zweistündigem Stehen in den Abort geschüttet werden;
      β) oder mit Wasser, welchem Soda zugesetzt werden kann; in diesem Falle müssen die Gefäße mit Inhalt ausgekocht oder in geeigneten Desinfektionsapparaten mit strömendem Wasserdampf behandelt werden;
      auch läßt sich der Auswurf in brennbarem Material (z. B. Sägespänen, Kartonspucknäpfen) auffangen und mit diesem verbrennen;
   b) Erbrochenes, Stuhlgang und Harn werden in Nachtgeschirren, Stechbecken u. dgl. aufgefangen, welche alsdann sofort mit der gleichen Menge von Kalkmilch, verdünntem Kresolwasser oder

Karbolsäurelösung aufzufüllen sind. Die Gemische dürfen erst nach mindestens zweistündigem Stehen in den Abort geschüttet werden;

c) Blut, blutige, eitrige und wäßrige Wund- und Geschwürsausscheidungen, Nasenschleim sowie die bei Sterbenden aus Mund und Nase hervorquellende schaumige Flüssigkeit sind in Wattebäuschen, Leinen- oder Mulläppchen u. dgl. aufzufangen, welche sofort verbrannt oder, wenn dies nicht angängig ist, in Gefäße gelegt werden, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung gefüllt sind. Sie müssen von der Flüssigkeit vollständig bedeckt sein und dürfen erst nach zwei Stunden beseitigt werden.

d) Hautabgänge (Schorfe, Schuppen u. dgl.) sind zu verbrennen oder, wenn dies nicht angängig ist, in der unter c bezeichneten Weise zu desinfizieren.

2. Verbandgegenstände, Vorlagen von Wöchnerinnen u. dgl. sind nach Ziffer 1c zu behandeln.

3. Schmutzwässer sind mit Chlorkalkmilch oder Kalkmilch zu desinfizieren; von der Chlorkalkmilch ist soviel hinzuzusetzen, daß das Gemisch stark nach Chlor riecht, von der Kalkmilch soviel, daß das Gemisch kräftig rotgefärbtes Lackmuspapier deutlich und dauernd blau färbt; in allen Fällen darf die Flüssigkeit erst 2 Stunden nach Zusatz des Desinfektionsmittels beseitigt werden.

4. Badewässer von Kranken sind wie Schmutzwässer zu behandeln. Mit Rücksicht auf Ventile und Abflußröhren empfiehlt es sich hier, eine durch Absetzen oder Abseihen geklärte Chlorkalkmilch zu verwenden.

5. Waschbecken, Spuckgefäße, Nachtgeschirre, Steckbecken, Badewannen u. dgl. sind nach Desinfektion des Inhalts (Ziffer 1, 3 und 4) gründlich mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung auszuscheuern und dann mit Wasser auszuspülen.

6. Eß- und Trinkgeschirre, Tee- und Eßlöffel u. dgl. sind 15 Minuten lang im Wasser, dem Soda zugesetzt werden kann, auszukochen und gründlich zu spülen. Messer, Gabeln und sonstige Geräte, welche das Auskochen nicht vertragen, sind eine Stunde lang in 1 prozentige Formaldehydlösung zu legen und dann gründlich trocken zu reiben.

7. Leicht brennbare Spielsachen von geringem Wert sind zu verbrennen, andere Spielsachen von Holz oder Metall sind gründlich mit Lappen abzureiben, welche mit 1 prozentiger Formaldehydlösung befeuchtet sind, und dann zu trocknen.

8. Bett- und Leibwäsche, zur Reinigung der Kranken benutzte Tücher, waschbare Kleidungsstücke u. dgl. sind in Gefäße mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung zu legen. Sie müssen von dieser Flüssigkeit vollständig bedeckt sein und dürfen erst nach zwei Stunden weiter gereinigt werden. Das dabei ablaufende Wasser kann als unverdächtig behandelt werden.

9. Hände und sonstige Körperteile müssen jedesmal, wenn sie mit infizierten Gegenständen (Ausscheidungen der Kranken, beschmutzter Wäsche usw.) in Berührung gekommen sind, mit Sublimatlösung, verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung gründlich abgebürstet und nach etwa 5 Minuten mit warmem Wasser und Seife gewaschen werden. Zu diesem Zweck muß in dem Krankenzimmer stets eine Schale mit Desinfektionsflüssigkeit bereit stehen.

10. Haar-, Nagel- und Kleiderbürsten werden 2 Stunden lang in 1 prozentige Formaldehydlösung gelegt und dann ausgewaschen und getrocknet.

11. Ist der Fußboden des Krankenzimmers, die Bettstelle, der Nachttisch oder die Wand in der Nähe des Bettes mit Ausscheidungen des Kranken beschmutzt worden, so ist die Stelle sofort mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung gründlich abzuwaschen; im übrigen ist der Fußboden täglich mindestens einmal feucht aufzuwischen, geeignetenfalls mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung.

12. Kehricht ist zu verbrennen; ist dies ausnahmsweise nicht möglich, so ist er reichlich mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung zu durchtränken und erst nach zweistündigem Stehen zu beseitigen.

13. Gegenstände von geringem Werte (Strohsäcke mit Inhalt, gebrauchte Lappen, einschließlich der bei der Desinfektion verwendeten, abgetragene Kleidungsstücke, Lumpen u. dgl.) sind zu verbrennen.

14. Aborte. Die Tür, besonders die Klinke, die Innenwände bis zu 2 m Höhe, die Sitzbretter und der Fußboden sind mittels Lappen, die mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung getränkt sind, gründlich abzuwaschen oder auf andere Weise ausreichend zu befeuchten; in jede Sitzöffnung sind mindestens 2 Liter verdünntes Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Kalkmilch zu gießen.

Der Inhalt der Abortgruben ist reichlich mit Kalkmilch zu übergießen. Das Ausleeren der Gruben ist während der Dauer der Krankheitsgefahr tunlichst zu vermeiden.

Der Inhalt von Tonnen, Kübeln u. dgl. ist mit etwa der gleichen Menge Kalkmilch zu versetzen und nicht vor Ablauf von 24 Stunden nach Zusatz des Desinfektionsmittels zu entleeren; die Tonnen, Kübel u. dgl. sind nach dem Entleeren innen und außen reichlich mit Kalkmilch zu bestreichen.

Pissoire sind mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung zu desinfizieren.

15. Düngerstätten, Rinnsteine und Kanäle sind mit reichlichen Mengen von Chlorkalkmilch oder Kalkmilch zu desinfizieren. Das gleiche gilt von infizierten Stellen auf Höfen, Straßen und Plätzen.

16. Krankenwagen, Krankentragen u. dgl. Die Holz- und Metallteile der Decke, der Innen- und Außenwände, Trittbretter, Fenster, Räder usw., sowie die Lederüberzüge der Sitze und Bänke werden sorgfältig und wiederholt mit Lappen abgerieben, die mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind. Bei Metallteilen ist die Verwendung von Sublimatlösung tunlichst zu vermeiden. Kissen und Polster, soweit sie nicht mit Leder überzogen sind, Teppiche, Decken usw. werden mit Wasserdampf oder nach Ziffer 23 desinfiziert. Der Wagenboden wird mit Lappen und Schrubber, welche reichlich mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung getränkt sind, aufgescheuert. — Andere Personenfahrzeuge (Droschken, Straßenbahnwagen, Boote usw.) sind in gleicher Weise zu desinfizieren.

Nach Ablauf der Krankheit ist eine sachgemäße Ausführung der Desinfektion nur durch ein besonders geschultes Personal möglich. Zwecks Heranbildung eines solchen sind seit einigen Jahren in Preußen eine größere Anzahl von Desinfektorenschulen errichtet, in denen geeignet befundene Personen in den Desinfektionsmethoden unterrichtet

werden und durch eine Prüfung das Zeugnis als „staatlich geprüfter Desinfektor" erwerben können. — Bei der Schlußdesinfektion sind außer den vorgenannten Gegenständen noch die folgenden zu berücksichtigen:

17. Bücher (auch Akten, Bilderbogen usw.) sind, soweit sie nicht verbrannt werden, mit trockener Hitze oder mit Formaldehyd (unsicher!) zu desinfizieren.

18. Kleidungsstücke, die nicht gewaschen werden können, Federbetten, wollene Decken, Matratzen ohne Holzrahmen, Bettvorleger, Gardinen, Teppiche, Tischdecken u. dgl. sind in den Dampfapparaten oder mit Formaldehyd zu desinfizierrn. Das gleiche gilt von Strohsäcken, soweit sie nicht verbrannt werden.

19. Die nach den Desinfektionsanstalten oder -Apparaten zu befördernden Gegenstände sind in Tücher, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung angefeuchtet sind, einzuschlagen und tunlichst nur in gut schließenden, innen mit Blech ausgeschlagenen Kästen oder Wagen zu befördern. Ein Ausklopfen der zur Desinfektion bestimmten Gegenstände hat zu unterbleiben.

Wer solche Gegenstände vor der Desinfektion angefaßt hat, soll seine Hände in der unter Ziffer 9 angegebenen Weise desinfizieren.

20. Gegenstände aus Leder oder Gummi (Stiefel, Gummischuhe u. dgl.), die durch Dampf geschädigt werden, sind mittels trockener Hitze (S. 543) zu desinfizieren oder werden sorgfältig und wiederholt mit Lappen abgerieben, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind.

21. Pelzwerk darf ebenfalls nicht mit Dampf, sondern muß mit trockener Hitze desinfiziert werden; oder es wird auf der Haarseite mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung, Sublimatlösung oder 1 prozentiger Formaldehydlösung durchfeuchtet, feucht gebürstet, zum Trocknen hingehängt und womöglich gesonnt. (NB! Trockene Hitze ist in den Ausführungsbestimmungen zum Seuchengesetz nur bei der Desinfektion der Bücher ausdrücklich genannt!)

22. Leichen sind in Tücher zu hüllen, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung getränkt sind, und alsdann in dichte Särge zu legen, welche am Boden mit einer reichlichen Schicht Sägemehl, Torfmull oder anderen aufsaugenden Stoffen bedeckt sind.

23. Zur Desinfektion infizierter oder der Infektion verdächtiger Räume, namentlich solcher, in denen Kranke sich aufgehalten, oder Leichen gestanden haben, sind zunächst die Lagerstellen, Gerätschaften u. dgl., ferner die Wände mindestens bis zu 2 m Höhe, die Türen, die Fenster und der Fußboden mittels Lappen, die mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung getränkt sind, gründlich abzuwaschen oder auf andere Weise ausreichend zu befeuchten; dabei ist besonders darauf zu achten, daß die Lösungen in alle Spalten, Risse und Fugen eindringen.

Die Lagerstellen von Kranken oder von Verstorbenen und die in der Umgebung auf wenigstens 2 m Entfernung befindlichen Gerätschaften, Wand- und Fußbodenflächen sind bei dieser Desinfektion besonders zu berücksichtigen.

Alsdann sind die Räumlichkeiten mit einer ausreichenden Menge heißen Seifenwassers zu spülen und gründlich zu lüften. Getünchte Wände sind mit einem frischen Kalkanstrich zu versehen, Fußböden aus Lehmschlag oder dgl. reichlich mit Kalkmilch zu bestreichen.

24. Zur Desinfektion geschlossener oder allseitig gut abschließbarer Räume empfiehlt sich (statt des in Nr. 23, 25 und 26 beschriebenen Verfahrens) auch

die Anwendung des Formaldehyds; sie eignet sich zur Vernichtung von Krankheitskeimen, die an freiliegenden Flächen oberflächlich oder nur in geringer Tiefe haften. Vor Beginn der Desinfektion sind alle Undichtigkeiten der Fenster, Türen, Ventilationsöffnungen u. dgl. sorgfältig zu verkleben oder zu verkitten. Auch ist durch eine geeignete Aufstellung, Ausbreitung oder sonstige Anordnung der in dem Raume befindlichen Gegenstände dafür zu sorgen, daß der Formaldehyd ihre Oberflächen in möglichst großer Ausdehnung trifft.

Für je 1 cbm Luftraum müssen mindestens 5 g Formaldehyd oder 15 ccm Formaldehydlösung (Formaldehydum solutum d. A. B. f. d. D. R.) und gleichzeitig etwa 30 ccm Wasser verdampft werden. Die Öffnung der desinfizierten Räume darf frühestens nach 4 Stunden, soll aber womöglich später und in besonderen Fällen (überfüllte Räume) erst nach 7 Stunden geschehen. Der überschüssige Formaldehyd ist vor dem Betreten des Raumes durch Einleiten von Ammoniakgas zu beseitigen.

Die Desinfektion mittels Formaldehyds soll tunlichst nur von geprüften Desinfektoren nach bewährten Verfahren ausgeführt werden.

Nach der Desinfektion mittels Formaldehyds können die Wände, die Zimmerdecke und die freien Oberflächen der Gerätschaften als desinfiziert gelten. Augenscheinlich mit Ausscheidungen des Kranken beschmutzte Stellen des Fußbodens, der Wände usw. sind jedoch gemäß den Vorschriften unter Ziffer 11 noch besonders zu desinfizieren.

25. Holz- und Metallteile von Bettstellen, Nachttischen und anderen Möbeln, sowie ähnliche Gegenstände werden sorgfältig und wiederholt mit Lappen abgerieben, die mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung befeuchtet sind. Bei Holzteilen ist auch Sublimatlösung anwendbar. Haben sich Gegenstände dieser Art in einem Raume befunden, während dieser mit Formaldehyd desinfiziert worden ist, so erübrigt sich die vorstehend angegebene besondere Desinfektion.

26. Samt-, Plüsch- und ähnliche Möbelbezüge werden mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung, 1 prozentiger Formaldehydlösung oder Sublimatlösung durchfeuchtet, feucht gebürstet und mehrere Tage hintereinander gelüftet. Haben sich Gegenstände dieser Art in einem Raume befunden, während dieser mit Formaldehyd desinfiziert worden ist, so erübrigt sich die vorstehend angegebene besondere Desinfektion.

27. Die Desinfektion der Eisenbahn-Personen- und Güterwagen erfolgt nach den Grundsätzen der Ziffern 23, 25 und 26, soweit hierüber nicht besondere Vorschriften ergehen.

28. Brunnen. Röhrenbrunnen lassen sich am besten durch Einleiten von strömendem Wasserdampf, unter Umständen auch mit Karbolsäurelösung, Kesselbrunnen durch Eingießen von Kalkmilch oder Chlorkalkmilch und Bestreichen der inneren Wände mit einem dieser Mittel desinfizieren.

29. Das Rohrnetz einer Wasserleitung läßt sich durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure desinfizieren; doch darf dies in jedem Falle nur mit Genehmigung des Regierungspräsidenten und nur durch einen besonderen Sachverständigen geschehen.

Anmerkung. 1. Abweichungen von den Vorschriften unter Ziffer 1 bis 29 sind zulässig, soweit nach dem Gutachten des beamteten Arztes die Wirkung der Desinfektion gesichert ist.

2. Es empfiehlt sich, in Gemeinden und weiteren Kommunalverbänden,

welche das Desinfektionswesen regeln, im Benehmen mit dem beamteten Arzt, Desinfektionsordnungen bezw. „Dienstanweisungen für die mit der Ausführung der Schlußinfektion betrauten Desinfektoren" zu erlassen; diese bedürfen der Genehmigung des Regierungspräsidenten.

Die Kosten für die obligatorische Desinfektion sind nach einer von der Behörde vorzuschreibenden Taxe von dem Inhaber der Wohnung zu zahlen; im Unvermögensfalle wird die Zahlung seitens der Kommune geleistet. Im Interesse der möglichsten Ausdehnung der Desinfektion wäre es wünschenswert, daß jede Desinfektion auf Kosten der Kommune geschieht; wenigstens sollte die Grenze für die Anerkennung der Zahlungsunfähigkeit der Privaten so weit als möglich gezogen werden. Neben der obligatorischen Desinfektion kommen in größeren Städten noch zahlreiche Fälle vor, in denen die Desinfektion nicht von der Behörde verlangt, wohl aber von den Angehörigen des Kranken gewünscht wird. Für diese „fakultative" Desinfektion ist natürlich stets Zahlung zu leisten, eventuell nach höherer Taxe.

II. Die Infektionswege.

Der Transport der Infektionserreger von den Infektionsquellen aus zu denjenigen Stellen des Körpers gesunder Individuen, an welchen die Invasion des Organismus erfolgen kann, vollzieht sich

Erstens: mittels Berührungen, Kontakte (durch die Hände, Küsse usw.). Gesunde Personen berühren Infektionsquellen (den Kranken, Exkrete, Wäsche, Eßgeschirr u. dgl.) einerseits, ihre eigenen oberflächlichen Schleimhäute oder kleinste Hautwunden andererseits. Es ist dies der weitaus wichtigste und betretenste Transportweg, der aber gewöhnlich unterschätzt wird, weil namentlich viele manuelle Berührungen unbewußt und unmerklich sich vollziehen. Nachweislich bleiben aber bei der Berührung von Infektionsquellen sehr leicht Erreger an den Händen des Berührenden haften und werden nachweislich auch durch die üblichen Reinigungsverfahren nicht vollständig wieder entfernt; andererseits bringen alle Menschen außerordentlich oft unbewußt die Finger mit dem Munde, der Nase, den Augen in Berührung, oder fügen sich durch Kratzen kleine Erosionen der Haut zu. Es ist daher ganz zweifellos, daß diese Art des Transportes für diejenigen Infektionserreger, die von einer dieser Berührungsstellen aus in den Körper einzudringen vermögen, d. h. für die akuten Exantheme, Wundinfektionskrankheiten, Milzbrand, gelegentlich auch für Diphtherie, Cholera, Typhus, Ruhr, Tuberkulose usw. in Frage kommt.

Naturgemäß ist die Gefahr solcher Übertragung am größten für Familienmitglieder und für diejenigen Menschen, die berufsmäßig mit Infektionsquellen zu tun haben. Exponiert sind die Angehörigen des Kranken, insbesondere jüngere Kinder, die alles anfassen oder auf dem Fußboden kriechen und die Finger fortgesetzt in den Mund stecken; dann die Pfleger; sehr viel weniger der Arzt; demnächst Wäscherinnen, Desinfekteure, ferner Trödler, Lumpensortierer (der Infektion mit Rotz und Milzbrand auch Gerber, Roßhaararbeiter). In geringem Grade sind Menschen exponiert, welche mit verdünnten Infektionsquellen zu tun haben, wie z. B. die Kanalreiniger. — Außerdem können aber gelegentlich beliebige andere Menschen durch zufällige Berührung mit Infektionsquellen infiziert werden. Die im gleichen Hause mit dem Erkrankten Wohnenden sind Übertragungen durch Treppengeländer, Türgriffe u. dgl. ausgesetzt; im Menschengedränge der Straße, in Läden, in Droschken, Pferde- und Eisenbahnwagen kann jeder gelegentlich mit Krankenpflegern, Angehörigen, Wäsche- und Kleiderbündeln, an denen Infektionserreger haften, in Berührung kommen.

Zweitens: durch Genuß von Wasser und Nahrungsmitteln, welche Infektionserreger aufgenommen hatten. Diese Transportwege sind von besonderer Bedeutung bei denjenigen Infektionserregern, welche vom Darmtraktus aus die Infektion veranlassen (Typhus, Cholera, Cholera infantum, Perlsucht, Milzbrand beim Rindvieh). Unter den Nahrungsmitteln sind solche am gefährlichsten, welche einen günstigen Nährboden für pathogene Bakterien abgeben oder welche vielfach roh oder ungenügend gekocht genossen werden, Milch, Salat, Radiese usw. — Sehr häufig und in besonders großem Umfange kann Wasser infizierend wirken; auch dann, wenn es nicht als Getränk genossen, sondern nur zur Reinigung der Eß- und Trinkgeschirre, zum Baden oder dgl. benutzt wird.

Drittens: durch Einatmung werden die in der Luft in Form von Tröpfchen oder von Staub enthaltenen Krankheitserreger mit der Respirationsschleimhaut in Kontakt gebracht (Tuberkulose, akute Exantheme usw.). Die eingeatmeten Krankheitserreger können auch durch Verschlucken von Speichel und Schleim in den Darmtraktus geraten und hier Infektion bewirken, vorausgesetzt daß die inhalierten Erreger von der Lunge aus nicht schneller vorzudringen und zu infizieren vermögen.

Viertens: Stechende Insekten sind ausschlaggebend bei der Verbreitung der Malaria, des Gelbfiebers, der Trypanosen und der Piroplasmosen, des Rekurrens. — Nicht stechende Insekten, namentlich Fliegen, können Teilchen von Infektionsquellen auf den Körper des

Gesunden, oder zunächst auf Speisen usw. übertragen. Die Funktion dieser Insekten ist unter Umständen bedeutsam, weil sie die Infektionsquellen in konzentriertem Zustande transportieren und dieselbe der verdünnenden Wirkung der Luft und des Wassers gleichsam entziehen.

Die Bedeutung des einzelnen Infektionsweges für die Verbreitung einer bestimmten Krankheit hängt sehr wesentlich davon ab, ob der Weg zu derjenigen Infektionsstätte führt, an welcher den Erregern die Ansiedlung besonders leicht wird. Für Tuberkelbazillen wird die Einatmung, für Cholera Wasser, für Erysipel werden Berührungen den weitaus wichtigsten Transportweg darstellen, während umgekehrt die Einatmung für Erysipel, Wasser für Tuberkulose, Einatmung für Cholera nicht in Betracht kommen.

Ferner ist es einleuchtend, daß die Lage und sonstige Beschaffenheit der spezifischen Invasionsstätte von Einfluß sein muß auf den Grad der Kontagiosität einer Krankheit. Die akuten Exantheme übertreffen in dieser Beziehung z. B. die Cholera, weil die ersteren verschiedene ausgebreitete Invasionsstätten besitzen, die durch Kontakte und durch Luftkeime infiziert werden können, während bei der Cholera die Infektionserreger unbedingt in den Dünndarm gelangen müssen.

Zuweilen ist die Bedeutung der einzelnen Infektionswege bei ein und derselben Krankheit verschieden, je nachdem es sich um die Infektion jüngerer oder älterer Individuen, oder um die Infektion von Menschen oder Tieren handelt. So spielt bei der Verbreitung der Tuberkulose die Kontaktinfektion und die Darminfektion bei jüngeren Kindern, die ihre Finger viel in den Mund bringen und viel Kuhmilch trinken, eine erheblich größere Rolle als bei Erwachsenen; und wiederum Kälber und junge Schweine, die sehr häufig mit tuberkelbazillenreicher Milch ernährt werden, haben mehr als Kinder und viel mehr als erwachsene Menschen Gelegenheit, sich vom Darm aus zu infizieren, während der Inhalationsweg an Bedeutung zurücktritt.

Einengung und Verschließung der Infektionswege.

1. Die oben bezeichneten, oft zur Infektion führenden Kontakte, Berührungen von Mund und Nase mit den Händen, Küsse usw. sind tunlichst einzuschränken; Sitte und Erziehung kann in dieser Richtung viel zum Schutze der Gesunden beitragen.

Bei den stark kontagiösen Krankheiten (akuten Exanthemen) ist ein Schutz des Pflegepersonals und der nächsten Umgebung gegen infektiöse Berührungen schwer durchführbar. In solchen Fällen

sind daher womöglich immune Personen zur Pflege zu bestellen, und die Wärter ebenso streng wie die Kranken zu isolieren. Kinder im disponierten Alter sind vor allem bei Diphtherie, Masern und Scharlach vom Erkrankten fernzuhalten. Bei Phthisikern sind Menschen mit chronischem Bronchialkatarrh, mit erblicher Belastung usw. möglichst nicht zur Pflege zuzulassen.

Im übrigen ist es für den Schutz der Pfleger bezw. der Angehörigen von großer Bedeutung, daß die Absperrung des Kranken richtig durchgeführt, das Pflegepersonal eingeschult und die Desinfektion zweckentsprechend gehandhabt wird. Außer den oben gegebenen Desinfektionsvorschriften, für deren Erlernung das berufsmäßige Pflegepersonal zweckmäßig an besonderen Kursen der Desinfektorenschulen teilnehmen sollte, und deren richtige Ausführung gelegentlich von gut geschulten Gemeindeschwestern zu überwachen ist, sind namentlich folgende Maßnahmen zu beachten:

A. Die Absonderung des Kranken. Falls der Arzt nach Prüfung der Wohnungsverhältnisse eine ausreichende Absonderung des Kranken für nicht durchführbar hält, ist die Überführung in ein Krankenhaus dringend zu empfehlen, sowohl im Interesse des Kranken, wie im Interesse der Familienmitglieder und der Nachbarn, auf welche anderenfalls die Krankheit übergreifen würde.

Für die Absonderung in der Wohnung ist ein Zimmer erforderlich, welches von den übrigen bewohnten Räumen möglichst durch einen unbenutzten Raum (Vorraum) getrennt ist. Es ist vorteilhaft, wenn ein Wasserleitungshahn und ein Ausguß sich im Zimmer befinden.

Bevor der Kranke in das Zimmer übergeführt wird, sind aus letzterem die Gebrauchsgegenstände zu räumen, welche für die Krankenpflege nicht erforderlich sind; vor allem gefüllte Wäsche- und Kleiderschränke, Vorräte von Nahrungsmitteln, überflüssige Teppiche und Polstermöbel, ferner Vorhänge, soweit sie nicht zur Verdunkelung des Zimmers erwünscht sind. Nachdem der Kranke in das Absonderungszimmer überführt ist, dürfen aus diesem Gegenstände nur nach vorgängiger Desinfektion in andere Räume gebracht werden.

Der Kranke darf mit anderen, als den zu seiner Pflege bestimmten Personen nicht in Berührung kommen. Er darf das Zimmer nicht verlassen, auch den gemeinsamen Abort nicht benutzen.

Zur dauernden Ausstattung des Krankenzimmers gehören: 1. ein Gas-, Spiritus- oder Petroleumkocher zur Bereitung von heißem Wasser, Auskochen von Eß- und Trinkgeschirr usw.; dazu die nötigen Töpfe, Tassen, Löffel, einige Tücher; 2. ein Schrubber mit Scheuertuch, einige Hader, Eimer zur Reinigung des Zimmers; 3. eine besondere Waschvorrichtung zur Händedesinfektion für den Pflegenden; 4. Lampe, Leuchter, falls nicht Anschluß an zentrale Lichtquelle vorhanden ist; 5. die zur eigentlichen Krankenpflege erforderlichen Utensilien, wie Unterschieber, Speigläser, Mulläppchen, Papiertaschentücher zur Aufnahme von Ausscheidungen aus Mund oder Nase; Desinfektionsmittel; einige waschbare Überkleider usw.

Die aufgeführten Gegenstände sollen dauernd im Krankenzimmer verbleiben; Eimer und Töpfe mit Schmutzwasser sind, nachdem der Inhalt desinfiziert ist, vor die Tür zu setzen und durch Angehörige zu entleeren. Speisereste, Eß- und Trinkgeräte, die nicht im Krankenzimmer durch Kochen desinfiziert werden können, sind in einen größeren Topf einzustellen, der von Angehörigen alsbald mit heißem Wasser oder Sodalösung gefüllt und auf dem Herde gekocht wird. Vorräte von Brennmaterial, Petroleum, Ersatz von Geschirr, Tüchern und dergl., ebenso die Speisen und Getränke für den Kranken werden vor der Tür des Krankenzimmers abgesetzt, und, nachdem der Überbringer angeklopft und sich wieder entfernt hat, vom Pflegenden ins Krankenzimmer genommen. Sind Abgänge des Kranken in den Abort zu entleeren, so muß dies entweder der Pfleger besorgen, nachdem er sich vorher vorschriftsmäßig desinfiziert hat, oder eine andere über die erforderliche Desinfektion des Geschirrs und des Aborts wohl unterrichtete Persönlichkeit.

B. Verhalten des Pflegepersonals. Vor dem Betreten des Krankenzimmers können die Pflegenden ihr gewöhnliches Oberkleid ablegen; nach dem Eintritt müssen sie jedenfalls ein waschbares Überkleid (Mantel, große Schürze) anlegen. Jedesmal vor dem Verlassen des Zimmers haben sie ihre Hände (nötigenfalls auch das Gesicht) vorschriftsmäßig zu desinfizieren, dann das Überkleid abzulegen und in der Nähe der Tür aufzuhängen. Auch wenn dies geschieht, haben sie nach dem Verlassen des Krankenzimmers den Verkehr mit anderen Menschen tunlichst einzuschränken. Die Mahlzeiten können sie — die genannten Vorsichtsmaßregeln vorausgesetzt — außerhalb des Krankenzimmers einnehmen; geschieht dies in letzterem, so müssen die Pfleger vorher ihre Hände desinfizieren; ihr Eß- und Trinkgeschirr, sowie die Speisereste müssen in diesem Falle wie die des Kranken behandelt werden.

Beim Wechseln der Überkleider müssen die gebrauchten in desinfizierende Lösung eingelegt werden (s. S. 554).

Die Pfleger sollen unnötige Berührungen des Kranken vermeiden; sie müssen darauf achten, daß sie mit ihren Fingern nicht unwillkürlich Mund oder Nase berühren. Hustenden Kranken sollen sie ihr Gesicht nicht ohne besondere Veranlassung auf weniger als Armeslänge nähern.

Die Reinigung des Krankenzimmers darf nur durch feuchtes Abwischen des Fußbodens und der Möbel geschehen; jede Entwickelung von Staub ist zu vermeiden. Die zur Reinigung benutzten Utensilien müssen nach der Benutzung desinfiziert werden.

Zeitweise Lüftung des Zimmers (durch offene Ofentüren, Öffnung oberer Fensterscheiben) ist zur Beseitigung von Gerüchen und für das Befinden des Kranken erforderlich. Zuglüftung darf nur angewendet werden, wenn die Lage des Krankenzimmers derart ist, daß die Luft desselben dadurch nicht in andere bewohnte Räume getrieben werden kann.

Der Arzt, der Seelsorger oder andere Personen, welche dringende Pflichten zum Kranken führen, müssen ähnliche Vorsichtsmaßregeln gegen die Weiterverbreitung der Krankheit anwenden wie das Pflegepersonal; unbedingt müssen sie vor dem Verlassen des Krankenzimmers ihre Hände desinfizieren.

Der Arzt kann sich, seine Angehörigen und seine übrigen Patienten zunächst dadurch schützen, daß er beim Besuch Kontagiöser seine Bewegungen überwacht, derart, daß keine unbewußte Berührung seiner Kleider mit Infektionsquellen erfolgt. Der Vorderarm ist (durch

Abnahme der Manschetten und Zurückstreifen des Rockärmels) teilweise zu entblößen, oder es werden Gummiärmel übergezogen; noch besser ein Oberkleid wie das des Pflegers, das jedesmal beim Betreten des Krankenzimmers angelegt wird und dort bis zum Ablauf der Krankheit verbleibt. Vor dem Verlassen des Krankenzimmers sind Hände und Arme, ebenso gebrauchte Instrumente (Stethoskop, Kehlkopfspiegel, Thermometer usw.) mit Sublimatlösung zu desinfizieren.

Zweckmäßig trägt für alle Fälle der Arzt ein kleines Fläschchen (zu 100 ccm) mit Sublimatlösung 1:2000 bei sich. Indem er sich etwas von der Lösung in die hohle Hand gießt und dann die Hände, Vorderarme und Ärmel damit tüchtig abreibt, kann er eine beschränkte Desinfektion ohne alle weitere Utensilien ausführen. Die geringe Menge Sublimatlösung trocknet so rasch, daß ein Abtrocknen mittels Handtuchs unnötig ist.

In weitaus den meisten Fällen werden diese Schutzmaßregeln ausreichen; zuweilen aber wird es vorkommen, daß der Arzt infolge von unruhigen Bewegungen des Kranken, staubiger Luft usw. (insbesondere bei Erkrankungen an akuten Exanthemen) seine ganze Kleidung, Gesicht, Bart für infiziert halten muß.

Fälschlicherweise glauben manche Ärzte dann eine ausreichende Desinfektion zu erzielen, wenn sie sich mit Karbollösung oder dergl. besprengen oder „durch die Luft gehen“ oder die Kleider zum Lüften hinhängen. S. 351 ist dargelegt, daß die Krankheitserreger auf diese Weise durchaus nicht beseitigt werden.

In solchem Fall soll der Arzt Gesicht, Haar und Bart mit Sublimatlösung abwaschen, wie es den Desinfektoren vorgeschrieben ist, und seine ganze Kleidung mit einer Bürste, die mit Sublimatlösung mäßig angefeuchtet ist, gründlich abbürsten.

Vollkommener sichert sich der Arzt, wenn er in einem zweckmäßig gelegenen Zimmer (Vorzimmer) seiner Wohnung einen Formaldehyd-Schrank vorrätig hat und in diesem nach S. 547 die Kleider desinfiziert. — Oder er benutzt einen dort aufgestellten kleinen Thursfieldschen Desinfektionsofen, etwa 20 cm weit und 60 cm lang. Nach dem Betreten des Zimmers befeuchtet der Arzt zunächst ein Einschlagetuch mit Sublimatlösung, breitet es auf dem Tisch aus, darüber ein zweites trockenes Tuch, legt dann die Kleidung ab und wickelt sie in die Tücher ein. Das leicht umschnürte Paket kommt in den Desinfektionsofen und dieser wird angeheizt: dann wäscht der Arzt Gesicht und Kopf mit Sublimatlösung, nach einigen Minuten mit Wasser und Seife; inzwischen werden die Stiefel, der Tisch und der betretene Teil des Zimmers mittels eines großen Schwamms mit Sublimat abgewaschen; schließlich wird frische Kleidung angelegt. Bei einiger Übung ist die ganze Prozedur in 10 Minuten beendet. Die Kleidung wird nach einer Stunde aus dem Ofen herausgenommen. Tuchanzüge müssen allerdings nachher gebügelt werden; die Formaldehyddesinfektion ist viel schonender.

2. Um die Aufnahme von Infektionserregern mit der Luft zu hindern, müssen die oben betonten Vorschriften bezüglich des Ver-

meidens von Staub bei der Reinigung der Zimmer, Kleider usw. berücksichtigt werden. Bei akuten Exanthemen verhütet die Einreibung der Haut des Kranken mit Lanolin die Ablösung trockener Schüppchen.— Um sich vor den beim Husten verspritzten Tröpfchen zu schützen, müssen die in der Umgebung des Kranken befindlichen Personen sich während der Hustenstöße in etwa 1 Meter Entfernung oder wenigstens nicht in der Richtung der Hustenstöße halten (s. unter „Tuberkulose"). Beim Pflegepersonal ist ein vollständiger Schutz in diesen Fällen schwer möglich. Respiratoren nützen nichts (s. S. 461).

3. Wasser ist namentlich zu Epidemiezeiten aus tadellosen Leitungen oder Brunnen zu entnehmen, Flußwasser nur zu benutzen, wenn gut angelegte und überwachte Filterwerke vorhanden sind. Die Nahrung muß in Zeiten, wo Infektionen mit Typhus, Cholera, Ruhr zu fürchten sind, stets gut gekocht genossen werden; Milch, Fleisch, Nahrungsmittel aus Gemüsekellern sind dann mit besonderer Vorsicht zu behandeln; die Küchengerätschaften sind von Zeit zu Zeit einer Desinfektion mit kochender Sodalösung zu unterwerfen.

4. Die Schutzmaßregeln gegen eine Verbreitung von Infektionserregern durch Stechmücken s. im speziellen Teil.

III. Die individuelle Disposition und Immunität.

In den Krankheitserregern haben wir genau genommen niemals die einzige, ausreichende Ursache der Infektionskrankheiten zu sehen, sondern letztere entwickeln sich erst aus dem Zusammenwirken des Krankheitserregers und eines für dessen Entwickelung günstigen Substrats, eines „empfänglichen" oder für die Erkrankung „disponierten" Organismus (Organs). Es ist irrelevant, ob jenes günstige Substrat vielleicht richtiger als „Ursache", der Parasit dagegen als „auslösender Reiz" bezeichnet wird; dem Sprachgebrauch entspricht es besser, die Bezeichnung „Ursache" für den die Erkrankung plötzlich auslösenden Erreger beizubehalten. Keinesfalls darf aber die Disposition vernachlässigt werden; sie spielt bei verschiedensten Infektionskrankheiten eine äußerst wichtige Rolle und hat auch auf die Art der natürlichen Ausbreitung solcher Krankheiten erheblichen Einfluß.

Seit lange hat man beobachtet, daß unter einer Anzahl von gesunden Individuen, welche in gleicher Weise mit Infektionserregern in Berührung kommen, nur einige erkranken, während andere selbst bei wiederholter Infektionsgefahr bezw. bei absichtlicher Infektion gesund

bleiben; letztere bezeichnet man als unempfänglich oder immun oder refraktär für die betreffende Infektionskrankheit.

Man unterscheidet eine angeborene Immunität bezw. Disposition, die sich auf eine, aber auch auf mehrere parasitäre Erkrankungen erstrecken kann, und eine erworbene, gewöhnlich streng spezifische gegenüber einem Krankheitserreger; letztere kann auf natürlichem Wege, z. B. durch Überstehen einer parasitären Erkrankung, entstanden oder absichtlich, künstlich durch sog. Schutzimpfung hervorgerufen sein.

Im folgenden sollen zunächst diejenigen Eigenschaften des Körpers und die Vorgänge im Körper besprochen werden, welche auf Grund neuerer Beobachtungen und experimenteller Forschungen als Ursache der Immunität angesehen werden müssen. Sodann sind die absichtliche Herstellung der Immunität und die einzelnen künstlichen Immunisierungsmethoden, namentlich soweit sie sich praktisch für die Bekämpfung der parasitären Krankheiten verwenden lassen, zu erörtern.

A. Wesen und Ursachen der Disposition und Immunität.

1. Äußere Ursachen.

Äußerlich gelegene Schutzvorrichtungen des Körpers können die angeborene Empfänglichkeit von ganzen Tierspezies oder von einzelnen Individuen einer Spezies bestimmen, indem sie je nach ihrer besseren oder schlechteren Entwickelung das Eindringen der Parasiten und deren Hingelangen zur spezifischen Invasionsstätte erschweren oder erleichtern. So ist der Magensaft je nach dem Grade seiner sauren Reaktion imstande, bei der einen Tiergattung bezw. bei einigen Individuen die auf eine Wucherung im Dünndarm angewiesenen Infektionserreger stärker zu schädigen, als bei anderen Gattungen bezw. Individuen, bei denen infolge des geringen Säuregrades diese Schutzpforte leicht passiert wird (Cholera). Ferner bieten die engen und verschlungenen Eingangswege, das Flimmerepithel und die empfindliche, Hustenstöße auslösende Schleimhaut des Respirationstraktus ein bedeutsames, aber sowohl nach der Tierspezies wie individuell verschieden entwickeltes Hindernis für das Eindringen von Parasiten in tiefere Teile der Lunge. An verschiedenen Invasionsstätten äußert das normale schleimige Sekret bakterizide Wirkungen (Vagina) oder die Epithelbekleidung setzt dem weiteren Vordringen der Parasiten und der Resorption ihrer giftigen Produkte kräftigen Widerstand entgegen; und auch in dieser Beziehung scheinen erhebliche Differenzen vorzuliegen, so daß z. B. eine scheinbar unbedeutende Auflockerung des Epithels durch Katarrhe und dergl. oder Änderungen in der Beschaffenheit der

Sekrete, abhängig von Blutfülle, Ernährungszustand und nervösen Einflüssen, ausschlaggebend werden können für die Entwickelung der parasitären Krankheit. Auch durch phagozytäre Wirkung (s. unten) scheinen Epithelzellen sich am Schutze des Körpers gegen eindringende Parasiten zu beteiligen. Hat ein Durchtritt von Keimen durch die Lymphspalten einer Schleimhaut stattgefunden, dann sind es vor allem die Lymphdrüsen, in welchen die Eindringlinge abgefangen und unter Umständen abgetötet werden.

Häufig ändert sich die Empfänglichkeit desselben Individuums während des Lebens, und es wird eine Immunität oder Disposition dadurch erworben, daß äußere Invasionspforten sich schließen oder öffnen. Für septische Erkrankungen entsteht die Disposition durch Wunden der äußeren Haut und der Schleimhäute, durch Sekretstagnation usw., während sorgfältiger Schutz der Wunden oder Ausheilung die Disposition beseitigt. Gastricismen disponieren zu Cholera, vielleicht auch zu Typhus, chronische Bronchialkatarrhe zu Phthise, Pharynxkatarrhe zu infektiöser Angina; Verhütung derartiger Affektionen oder ihre Beseitigung auf medikamentösem Wege stellt eine relative Immunität her. Auf einer Änderung des Epithels an der Invasionspforte beruht vielleicht teilweise die Immunität gegen Diphtherie, die wir bei den meisten erwachsenen Menschen im Gegensatz zum kindlichen Organismus beobachten.

Auch zur Bekämpfung der parasitären Krankheiten sind diese Verhältnisse insofern auszunutzen, als Menschen, die durch Mängel der äußeren Schutzvorrichtungen für eine Krankheit disponiert sind, nach Möglichkeit aus dem Infektionsbereich eines Erkrankten fern zu halten sind.

2. Innere Ursachen.

Außer den besprochenen äußeren Schutzvorrichtungen müssen zweifellos Vorkehrungen im Inneren des Körpers die Empfänglichkeit in hohem Grade beeinflussen, da auch nach künstlicher Einimpfung, welche die äußeren Schutzpforten durchbricht, die Differenzen zwischen disponierten und immunen Tieren sich geltend machen. Infolge solcher innerer Schutzvorrichtungen ist z. B. außer dem Menschen kein Tier für eine Infektion durch Scharlach, Masern, Cholera, Gonorrhoe usw. empfänglich, während umgekehrt Rinderpest, Schweineseuche, Tsetsekrankheit u. a. m. nur auf Tiere, nicht aber auf Menschen übertragbar sind. Andere Infektionskrankheiten, wie Milzbrand, Tuberkulose, Rotz kommen beim Menschen und bei zahlreichen Tierspezies vor, haben aber auch ihre immunen Ausnahmen, z. B. sind Ratten gegen Milzbrand, Kaninchen gegen Rotz, Hühner gegen Tetanus, Hunde gegen

Tuberkulose völlig oder relativ immun. Geringfügige Rassedifferenzen sind oft ausschlaggebend für die Disposition bezw. Immunität gegenüber einer Infektionskrankheit. Die weißen Hausmäuse sind für Micrococcus tetragenus empfänglich, die grauen unempfänglich. Neger sind immun gegen Gelbfieber und zeigen eine geringere (vielleicht allerdings erst erworbene) Disposition für Malaria als die weiße Rasse.

Ferner beobachten wir ein Freibleiben einzelner Individuen bei Epidemien. Selten beim ersten Einbrechen von Masern und Pocken in eine nicht immunisierte Bevölkerung; häufiger bei Scharlach; ferner in ausgesprochener Weise bei Rekurrens, Abdominaltyphus, Cholera, Tuberkulose, Meningitis usw. Allerdings muß man bei der Beurteilung solcher Fälle vorsichtig verfahren und sicher sein, daß das Ausbleiben der Erkrankung nicht etwa auf dem Fehlen des Kontagiums beruht Erst wenn an der Übertragung infektionstüchtiger Erreger gar nicht zu zweifeln ist, darf auf individuelle Immunität als Ursache des Nichterkrankens geschlossen werden.

Abgesehen von der natürlichen, angeborenen Immunität, welche in den vorgeschilderten Fällen durch innere Schutzvorrichtungen des Körpers zustande kommt, sehen wir vor allem noch häufig erworbene Immunität gegenüber einzelnen parasitären Krankheiten eintreten, die gleichfalls auf inneren Ursachen beruht.

Diese Immunität ist vorzugsweise zurückzuführen auf die Neubildung von spezifischen Antikörpern, die angeregt wird durch das Überstehen der betreffenden Krankheit oder durch absichtliche Einverleibung der Parasiten bzw. von Produkten des Parasiten.

Allgemein bezeichnet man die Substanzen, welche eine solche Bildung von Antikörpern auslösen, als Antigene. Sind die Antigene Gifte, so wird durch sie die Bildung von Antitoxin angeregt; dies wird vorzugsweise da in Frage kommen, wo die Hauptwaffen der Parasiten stark giftige Ektotoxine sind. In anderen Fällen führen die Antigene der Parasiten zur Bildung von Stoffen, welche ein Zusammenkleben der Parasiten bewirken (Agglutinine), oder von Stoffen, welche die Parasitenleiber auflösen (Bakteriolysinen), oder von Antikörpern gegen frei werdende Endotoxine. Viele Parasiten verfügen offenbar über besondere Stoffe (Aggressine), durch welche sie die Tätigkeit der sogenannten Freßzellen des Körpers (Phagozyten) lahm legen; auch die Aggressine können aber wiederum als Antigene wirken und Antikörper auslösen, welche die Phagozytose erleichtern (Opsonine, Bakteriotropine).

Als Wirkung der Antigene beobachten wir aber keineswegs immer die Herstellung einer Immunität des Wirts. Oft mißlingt

diese, weil der Wirtskörper den schädigenden Wirkungen der Parasiten schon unterliegt, ehe hinreichend Antikörper gebildet sind. Zur Herstellung der Antikörper ist eben stets eine gewisse Zeit erforderlich. Kurz nach der Einverleibung der Antigene beobachtet man sogar oft statt einer Immunität ein Stadium der Überempfindlichkeit (Anaphylaxie), in welchem ein wiederholter Angriff des Parasiten oder seiner Produkte zu schneller und lebhafter auftretenden Krankheitserscheinungen führt. Man kann daher im allgemeinen nur sagen, daß das Einverleiben von Antigenen ein verändertes Verhalten des Organismus gegenüber neuen Antigenen bedingt; und diesen veränderten Zustand bezeichnet man als Allergie (v. Pirquet).

Anderseits sind aber auch die Parasiten keineswegs unveränderlich gegenüber den neu gebildeten Schutzkörpern des Wirts. Sie können sich durch den Aufenthalt im Wirtskörper so verändern, daß sie nicht mehr agglutinabel auflösbar oder phagozytabel sind. Derart veränderte, gleichsam immunisierte, Parasiten können dann längere Zeit nach der Infektion den Kampf gegen den Wirt mit weit mehr Aussicht auf Erfolg aufnehmen, als ihnen dies vorher möglich war.

Alle diese verschiedenen Schutzeinrichtungen des Wirts sind im folgenden einzeln zu besprechen, soweit es im Rahmen eines kurzgefaßten Lehrbuchs der gesamten Hygiene möglich ist. — Genaueres siehe in den unten zitierten speziellen Lehrbüchern der Immunitätslehre.

a) Die Phagozytose.

Metschnikoff und seine Schüler sehen die wesentlichsten Schutzeinrichtungen in der Phagozytose. Sie nehmen an, daß Sensibilitätserscheinungen lebender Körperzellen für die Immunität von ausschlaggebender Bedeutung sind: lebende auf chemotaktische Reize reagierende Zellen nähern sich im immunen Körper den Krankheitserregern, nehmen sie in ihr Inneres auf und töten sie dort ab, während Mikroben, für die der Körper empfänglich ist, die Zellen abstoßen und von ihnen unberührt bleiben. Die Fähigkeit, eingedrungene Keime aufzunehmen und intrazellulär zu verdauen, kommt zahlreichen vom mittleren Keimblatt abstammenden Zellen zu. Man unterscheidet mobile und fixe Phagozyten. Zu den ersteren gehören vor allem die mehrkernigen Leukozyten (Mikrophagen) und die großen einkernigen Leukozyten (Makrophagen); zu den fixen Makrophagen gehören außerdem viele Endothelzellen, ferner Pulpazellen der Milz und des Knochenmarks, einige Bindegewebs- und Nervenzellen. Die beweglichen Mikrophagen spielen die Hauptrolle; sie werden von den Mikroben angelockt, so daß sie sich an der gefährdeten Stelle massenhaft ansammeln und

unter Umständen diese gegen das gesunde Gewebe durch einen so dichten Wall abgrenzen, daß schon darin ein bemerkenswerter Schutz gegeben ist. Außerdem aber findet in den Phagozyten der befallenen Organe eine Vernichtung der Mikroben statt durch ein Ferment, die Mikrozytase (Buchners Alexin, Ehrlichs Komplement, s. unten), das vorrätig ist oder nach Bedarf gebildet wird.

Dieses Ferment kann auch bei Läsion der Mikrophagen frei werden und dann außerhalb des Zellleibs bakterizide Wirkung äußern.

Zuweilen kommt es nicht zu einer Aufnahme der Bakterien ins Innere der Zellen, sondern letztere umklammern die Bakterien nur für einige Zeit; letztere aber sterben trotzdem ab, nachdem sie wieder frei geworden sind (Zytasewirkung). Bei Milzbrandbazillen (ähnlich bei Streptokokken, Hühnercholera, Pest u. a.) ist beobachtet, daß unter solchen Umständen aus dem überlebenden Teil der Bazillen eine neue Generation hervorgeht, die durch dicke Kapseln geschützt ist und von den Phagozyten nicht mehr angegriffen wird (Bordet, Gruber, Neufeld).

Bei der erworbenen, streng spezifischen, nur gegen eine Parasitenart gerichteten Immunität tritt nach Metschnikoff ein zweites Ferment in Funktion; es ist thermostabiler als das erstgenannte, ist nur für die eine Bakterienart wirksam, und die Art seiner Wirkung besteht darin, daß es sich auf den Bakterien lediglich fixiert, ohne sie aber dadurch schon merklich zu schädigen. Der „Fixator" bewirkt vielmehr nur, daß Bakterien nunmehr leicht von Phagozyten aufgenommen und intrazellulär zerstört werden. Der Fixator ist nach Metschnikoff vermutlich identisch mit Bordets „substance sensibilisatrice" und dem „Ambozeptor" Ehrlichs (s. unten). Er scheint in Milz, Knochenmark, Lymphdrüsen von Phagozyten gebildet zu werden. Bei der wiederholten Invasion eines Parasiten haben die Phagozyten sich daran gewöhnt, immer größere Mengen von Fixatoren zu produzieren; außerdem ändert sich die ursprünglich negative Chemotaxis der Phagozyten in eine positive um.

Metschnikoff hat seine Auffassung durch sehr zahlreiche Beobachtungen gestützt und auch in scharfsinniger Weise vom allgemein biologischen Standpunkt aus verteidigt. Die Beteiligung der Phagozyten an dem Vorgang der Immunität darf seither als unbestritten gelten; teils durch die geschilderte Wallbildung, teils durch ihr Freßvermögen und ihre mikrobizide Fähigkeit, vielleicht auch durch die Sekretion mikrobizider Stoffe greifen sie mächtig in den Kampf zwischen Wirt und Parasit ein.

Freilich beruht der Schutz des Körpers nicht ausschließlich auf der Phagozytose. Es ist nachgewiesen, daß manche Parasiten im

lebenden, vollvirulenten Zustand die Phagozyten stets abstoßen, daß sie dagegen durch gelöste Stoffe des Serums abgetötet und geschwächt werden und daß höchstens die geschädigten, absterbenden Leiber die Phagozyten anlocken und von ihnen vollends beseitigt werden. Auch darin liegt dann aber immerhin eine gewisse Schutzleistung; denn die beim Absterben der Bakterien frei werdenden Toxine sind nicht belanglos und bedürfen ebenfalls der Fortschaffung. Anderen scheinbar der Phagozytose unzugänglichen Bakterien gegenüber spielen aber die Phagozyten nicht selten doch die wichtigste Rolle, wenn auch nur in Verbindung mit gewissen gelösten Stoffen des Blutserums. Von Streptokokken, Pneumokokken und vielen anderen Parasiten weiß man z. B., daß sie infolge ihrer Aggressinproduktion ohne weiteres von Phagozyten nicht angegriffen werden. Sobald aber jene Stoffe des normalen oder des Immunserums, welche man als Opsonine bezw. Bakteriotropine bezeichnet, vorhanden sind, dann werden die der Phagozytose feindlichen Aggressine neutralisiert und den Phagozyten wird die Aufnahme und Auflösung der lebenden und virulenten Erreger ermöglicht.

b) Schutzstoffe im Blut und in anderen Säften des Körpers.

Man unterscheidet 1. Antitoxine, 2. Agglutinine, 3. Präzipitine, 4. Zytolysine (Bakteriolysine), 5. Opsonine und Bakteriotropine, 6. Antiaggressine.

Der folgenden Darstellung der Bildungs- und Wirkungsweise der unter 1. bis 4. aufgeführten Schutzstoffe ist vorwiegend die Ehrlichsche Auffassung zugrunde gelegt, die in ausgezeichneter Weise diese komplizierten Probleme unserem Verständnis näher gerückt hat, wenn auch zweifellos berechtigte Einwände und Widersprüche nicht fehlen. Die letzteren können hier nur kurz berührt werden, da sich die meisten nur auf Grund eines genauen kritischen Studiums der ausgedehnten Literatur richtig verstehen lassen.

1. Antitoxine.

Während chemisch definierte Gifte, z. B. Alkaloide, im Parenchym nur lockere Bindung erfahren, rasch wirken, und während die „Gewöhnung" an solche Gifte nicht auf Antitoxinbildung, sondern auf Eliminierung, Entgiftung durch präformierte Stoffe, Zerstörung u. dgl. beruht, werden die Bakterienektotoxine[1] (ferner die Phytalbumosen wie

[1] Unter Antitoxinen versteht man zunächst nur solche Antikörper, welche sich gegen bakterielle Ektotoxine bilden, wie sie z. B. vom Diphtheriebazillus, vom Tetanusbazillus und vom Bac. botulinus produziert werden. Die Bildung von Antitoxinen gegen bakterielle Endotoxine hielt man bis vor kurzem für

Rizin, Abrin; gewisse tierische Gifte wie Schlangen-, Skorpionen-, Spinnen-, Krötengift) an das Protoplasma bestimmter Zellbezirke spezifisch gebunden; sie werden, ähnlich wie die Nährstoffe, allmählich assimiliert. Eine derartige Assimilation können wir uns nach EHRLICH verständlich machen durch die Annahme, daß die Zellmoleküle aus einem Leistungskern und aus Seitenketten besteht, Atomgruppen, denen die Aufnahme und teilweise Verarbeitung von Nährstoffen zufällt. Derartige Seitenketten bezeichnen wir als Rezeptoren. Jede lebende Zelle besitzt davon eine größere Zahl, ausgezeichnet durch verschiedene Atomgruppierungen, an welche nur ganz bestimmte andere Atomgruppen verankert werden können. Bildlich kann man sich dies so vorstellen,

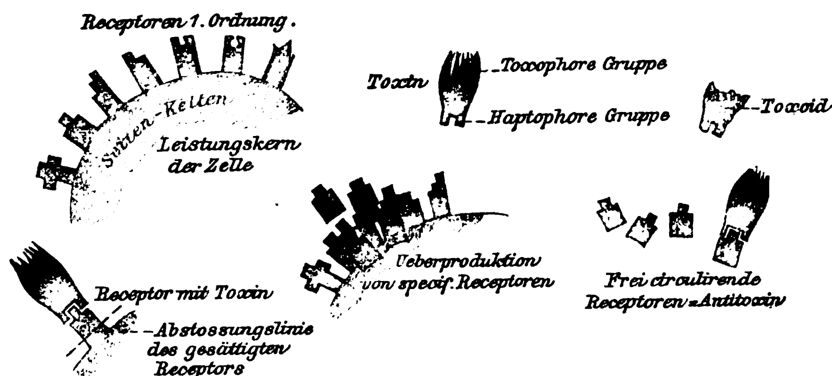


Fig. 147.
Bildungsweise der Antitoxine nach EHRLICH.

als ob der Rezeptor an seinem Ende wie ein Schloß geformt ist, in das nur ein bestimmter Schlüssel paßt.[1] Solche Rezeptoren, die nur eine einfache Haftstelle haben, bezeichnet man als Rezeptoren erster Ordnung (Unizeptoren) im Gegensatz zu später zu besprechenden Rezeptoren, die noch andere seitliche Ausläufer haben. Den Rezeptoren erster Ordnung fällt die Aufnahme von Toxinen, Fermenten und anderen Zellsekreten zu, während hochmolekulare Eiweißstoffe nur von Rezeptoren höherer Ordnung bewältigt werden.

Die Toxine, welche auf irgend eine Zelle wirken, können diese Wirkung nur ausüben dadurch, daß sie eine Haftgruppe besitzen,

---

unmöglich. Neuerdings scheint es aber doch durch geeignete Behandlung und Extraktion der Bakterienleiber zu gelingen, daß Endotoxine löslich werden und als Antigene wirken, so daß die Bildung von Anti-Endotoxinen die Folge ist. Siehe unten Seite 597, 598.

[1] Die Figg. 147—150 sollen nur ein Beispiel einer solchen bildlichen Darstellungsweise geben, das sich mir beim Unterricht als praktisch brauchbar bewährt hat.

welche auf einen Rezeptor der Zelle paßt. Die Toxinmoleküle bestehen sonach aus einer haptophoren Gruppe und einer toxophoren Gruppe; ist erstere mit dem Rezeptor verankert, dann erst kann die Giftwirkung zustande kommen. Die Bakterientoxine sind indes sehr labile Körper; z. B. kann man durch mäßige Wärme ihre toxophore Gruppe zerstören, und nur die resistentere haptophore Gruppe bleibt dann bestehen. Mit dieser bleibt aber die Affinität zu den betreffenden Rezeptoren erhalten und es kann daher auch durch diese Reste Sättigung der Rezeptoren eintreten, ohne daß Intoxikation zustande kommt; solche geschwächte Toxine bezeichnet man als Toxoide.

Sind Rezeptoren gesättigt, so bleibt ihnen keine Funktion mehr und sie werden als unbrauchbar von der Zelle abgestoßen. Nicht selten muß es aber unter dem Einfluß schädigender Momente mittleren Grades — wie bei allen Zellen — zu einer gesteigerten Zellleistung und zu reichlicher Produktion neuer Seitenketten kommen. In diesem Sinne muß die fortgesetzte Einwirkung der Toxine selbst die Zelle zur Bildung überschüssiger Rezeptoren veranlassen; sogar in solcher Menge, daß die Zelle sich ihrer im ungesättigten Zustand entledigt und sie in die Körpersäfte abstößt. Solche frei zirkulierende Rezeptoren vermögen dann ebenfalls die haptophore Gruppe des Toxins zu verankern und damit das ganze Giftmolekül in den Säften mit Beschlag zu belegen, so daß dasselbe nicht auf Zellen der Gewebe seine Wirkung äußern kann. Diese abgelösten, frei zirkulierenden Rezeptoren (Seitenketten) fungieren daher als Antitoxin.

Mit Blut, welches derartiges Antitoxin enthält, kann man durch Reagenzglasversuche zeigen, daß zwischen Toxin und Antitoxin eine Bindung stattfindet; durch gelinde Wärme wird diese beschleunigt. Es erfolgt dabei keine Zerstörung des Toxins; die Toxin-Antitoxinverbindung kann z. B. gesprengt werden durch Adrenalin, die Toxine werden dann resorbiert und zeigen sich wirksam, das Antitoxin bleibt unresorbiert. Durch Toxoide (s. oben) erfolgt in der gleichen Weise Bindung des Antitoxins.

Über die Natur der Antitoxine ist noch wenig bekannt; die Eiweißreaktionen ihrer Lösungen deuten darauf hin, daß sie jedenfalls sehr zähe an Eiweißstoffen haften. Sie sind resistenter als die Toxine; vertragen Erwärmen auf 60°, auch Licht und Fäulnis relativ gut. In Flüssigkeiten erfolgt allmählich Dissoziierung.

Viele Autoren vertreten die Auffassung, daß die Antitoxine (ebenso wie die übrigen Antikörper) Kolloide sind; sie kristallisieren und dialysieren nicht, verändern sich leicht, namentlich bei andauernden höheren Temperaturen, werden durch Elektrolyte leicht und irreversibel verändert; zur Wirksamkeit bedürfen sie geringer Mengen gewisser Salzionen.

Früher nahm man an, daß die Beziehungen zwischen Toxin und Antitoxin den Gesetzen einfacher Lösungen kristalloider Körper folgen. Arrhenius und Madsen suchten zu zeigen, daß die Art der Neutralisation der Toxine durch Antitoxine dem Guldberg-Waageschen Massengesetze folgt. Der eigentümliche Verlauf der Absättigungskurve, die nicht eine gerade Linie (wie bei der Neutralisation zwischen starken Säuren und Basen) bildet, sondern eine Linie, welche sich nur der Abszisse nähert, dann aber dieser parallel läuft, soll der gleiche sein wie bei der Neutralisation zwischen schwachen Säuren (Borsäure) und Basen (Ammoniak).

Ehrlich hat den Verlauf der Absättigungskurve anders erklärt. Er betont, daß viele Toxine nicht einheitlich seien; außerdem verändern sie sich außerordentlich leicht. Es entstehen sekundär die verschiedensten Toxoide, unter denen man Protoxoide (mit größerer Verwandtschaft zum Antitoxin als die Toxine), Syntoxoide (mit gleicher Affinität) und Epitoxoide (mit geringerer Affinität) unterscheiden kann. Bei den Diphtherietoxinen müssen außerdem die Toxone unterschieden werden, Stoffe welche in ihrer Wirkung (Erregung chronischer Nachkrankheiten, oft mit Lähmungen) wesentlich von dem in der Hauptmenge auftretenden Toxin abweichen, und welche vom Antitoxin erst gebunden werden, nachdem alles Toxin und Toxoid gebunden ist.

Neuerdings erklärt man auch diese Eigentümlichkeiten der Bindungsverhältnisse zwischen Toxin und Antitoxin daraus, daß es sich um kolloidale Reaktionen handelt. Die Variabilität der kolloidalen Gemenge, nicht die Toxoidbildungen, sollen den Verlauf der Absättigungskurve erklären. Setzt man zu einer gewissen Menge eines Kolloids *A* eine viel kleinere Menge eines neutralisierenden Kolloids *B*, so wird eben nicht ein Teil von *A* völlig neutralisiert, während der Rest freibleibt, sondern es entstehen durch eine möglichst weitgehende Verteilung und Verbindung der Kolloidteilchen untereinander, lauter nicht völlig neutralisierte Komplexe, und Zahl, Größe und elektrischer Zustand der Teilchen werden entsprechend geändert.

Angeborener Immunität gegenüber Toxinen begegnen wir nicht selten; Igel und Schweine sind gegen Schlangengift, Ratten gegen Diphtherietoxin, Hühner und Schildkröten, bei niederer (aber nicht bei höherer) Temperatur auch Frösche gegen Tetanusgift unempfänglich. Eine solche angeborene Giftfestigkeit kann entweder darauf beruhen, daß es an geeigneten Rezeptoren für das Gift fehlt. In diesen Fällen bleibt das Toxin lange im Körper nachweisbar, aber die Bildung von Antitoxin bleibt aus. Oft ist bei empfänglichen Individuen nur ein bestimmtes Organ mit geeigneten Rezeptoren ausgestattet. So wird das Tetanus Spasmin nur an Zellen des Zentralnervensystems verankert, und zwar von einem bestimmten Quantum Gewebe eine gewisse Giftmenge. Die Verankerung kann durch Zentrifugieren nicht wieder gelöst werden. Verimpft man die Organe eines tetanusvergifteten Tieres auf andere Tiere, so ist eine Giftwirkung mit dem Gehirn nicht zu erzielen, wohl aber mit den verschiedensten anderen Organen, in welchen das Gift ungebunden geblieben ist. Bei unempfänglichen

Individuen braucht es daher nur an geeigneten Rezeptoren in bestimmten Organen zu fehlen. (Histogene Toxinimmunität.)

Oder die Immunität beruht auf dem Vorhandensein von fertigem Antitoxin, bezw. darauf, daß auf die Einwirkung des Giftes der Körper mit reichlichster Neubildung und Abstoßung von Rezeptoren zu reagieren vermag. Dieser Fall liegt bei der angeborenen Immunität selten vor; in ausgeprägtem Maße zeigen bei gewissen Tetanus-empfindlichen Tieren Hirn und Rückenmark vorhandenes Antitoxin, so daß mit einer Emulsion dieser Organe Tetanusgift neutralisiert werden kann. Die natürlich erworbene Giftimmunität und die absichtliche Immunisierung ist dagegen ausschließlich auf Neubildung von Antitoxin zurückzuführen.

Natürlich erworbene Giftimmunität tritt zutage nach dem Überstehen einer auf Toxinwirkung beruhenden parasitären Krankheit, z. B. der Diphtherie oder des Tetanus. In der Rekonvaleszenz beobachtet man hier im Blutserum einen gesteigerten Gehalt von Antitoxin gegenüber dem betreffenden Toxin. Hier sind offenbar durch das in den Organismus einverleibte Toxin Rezeptoren gebunden und abgestoßen; die Zellen haben aber mit Überproduktion neuer Rezeptoren reagiert; freie solche Rezeptoren zirkulieren infolgedessen im Blute und bewirken so dessen höheren Antitoxingehalt. — Das frei zirkulierende Antitoxin ist indes nicht lange haltbar; nach Wochen oder höchstens Monaten findet man starke Abnahme des Antitoxins, das durch Harn, Galle, Speichel usw. ausgeschieden wird. Noch rascher erfolgt die Eliminierung (wie bei allen heterologen Eiweißkörpern), wenn das Antitoxin von einer anderen Tierart stammt.

Nach dieser Erfahrung ist das Vorgehen bei der künstlichen Immunisierung gegen Toxinbildner klar vorgezeichnet. Es wird sich nicht empfehlen, beim Menschen direkt Toxin zu injizieren; die Dosis würde angesichts der sehr verschiedenen individuellen Empfänglichkeit viel zu schwerzu bemessen sein. Man verzichtet vielmehr besser darauf, daß der Mensch selbst aktiv das Antitoxin herstellt, sondern man injiziert das Toxin empfänglichen Tieren in allmählich gesteigerten Dosen, auf die hin der Körper mit weiter verstärkter Antitoxinbildung reagiert. Schließlich gelingt es so, ein an Antitoxin sehr hochwertiges Serum zu erhalten. Den Gehalt des Serums an Antitoxin bestimmt und kontrolliert man, indem im Reagenzglas abgestufte Serummengen mit einer bestimmten Menge Toxin gemischt wird; jede Mischung wird dann durch Tierinjektion darauf geprüft, ob sie noch überschüssiges Toxin enthält (Mischungsmethode). — Auch die Milch säugender immunisierter Tiere kann große Mengen Antitoxin enthalten.

Solches tierisches Serum mit künstlich vermehrtem zirkulierendem Antitoxin ist dann Menschen zu injizieren, die von dem betreffenden Toxin bedroht oder befallen sind. Diese Art der Immunisierung muß für den Körper der schonendste Eingriff sein. Der Körper wird dabei gar nicht aktiv, er verhält sich völlig passiv; das in ihn eingebrachte vollkommen fertige Antitoxin fängt das Toxin ab und macht es unschädlich. (Siehe unten: passive Immunisierung.)

Von großer Bedeutung ist die Auswahl der für die aktive Giftimmunisierung bestimmten Versuchstiere. Die Affinität zwischen den Rezeptoren verschiedener Tierspezies und dem Gift ist offenbar sehr ungleich. Man wird, um ein Antitoxin mit möglichst gesteigerter Affinität zum Toxin zu bekommen, das vielleicht sogar imstande ist, bereits bestehende Verankerungen an menschlichen Zellen zu lösen, Tiere wählen müssen, die für das Toxin ganz besonders empfänglich sind. (Bei Diphtherie Pferde, Affen.)

In letzter Zeit ist man darauf aufmerksam geworden (Roux, Cruveilhier, Kraus), daß für die Wirkung des antitoxischen Serums im Tier- und Menschenkörper nicht nur die im Reagenzglas festgestellte Quantität von Antitoxin in Betracht kommt, sondern auch die Qualität, insofern verschiedenes Antitoxin eine sehr verschiedene Avidität gegen das den Wirtskörper bedrohende Toxin äußert. Sera von hoch immunisierten Tieren enthalten oft sehr konzentriertes Antitoxin, aber von geringer Avidität. Es ergibt sich dies, wenn die Prüfung des antitoxischen Serums nicht durch Mischung im Reagenzglas erfolgt, sondern dadurch, daß man eine bestimmte Menge Toxin und abgestufte Serummengen getrennt Versuchstieren injiziert, also die Toxin-Antitoxinbindung im Tierkörper vor sich gehen läßt.

Ein Einverleiben fertigen Antitoxins kann nur gegen das Gift helfen, das noch nicht zu fest verankert ist oder dessen Verankerung durch stärkere Affinitäten des Antitoxins wieder gelöst werden kann. Namentlich vom Tetanusgift weiß man, daß es verhältnismäßig früh an Rezeptoren des Zentralnervensystems gebunden wird, und daß es daher schon in einer relativ frühen Periode der Krankheit nicht mehr gelingt, den Kranken zu retten. — Nicht selten beobachtet man bei immunisierten Tieren Überempfindlichkeit gegenüber dem spezifischen Toxin. Dies Verhalten kann man sich z. B. dadurch erklären, daß alsdann die Rezeptoren reichlicher gebildet, aber noch nicht abgestoßen sind, sondern an der Zelle haften.

2. Agglutinine.

Durch Zusatz von Blutserum mit einem Gehalt an bestimmten Agglutininen zu Bakterienaufschwemmungen sehen wir häufig nach wenigen Minuten oder erst nach 1 bis 24 Sunden, am besten bei etwas erhöhter Temperatur (37°), eine Zusammenballung und Häufchenbildung der Bakterien eintreten; die Häufchen setzen sich im Reagenzglas allmählich zu Boden, leichtes Schütteln wirbelt sie aber auf und macht sie als suspendierte Flocken wieder sichtbar, während nicht agglutinierte Bakterienaufschwemmungen gleichmäßige Trübung zeigen.

Nach EHRLICHS Vorstellung sind an dieser Blutwirkung Rezeptoren zweiter Ordnung beteiligt, d. h. solche, welche neben der Haftgruppe noch einen Arm tragen, der in eine fermentartig wirkende (agglutinophore, die Zusammenballung verursachende) Funktionsgruppe ausläuft. Trifft agglutinabele Substanz, die ebenfalls eine haptophore und eine Funktionsgruppe führt, mit geeignetem Agglutinin zusammen, so fassen die haptophoren Gruppen ineinander und die beiden Funktionsgruppen wirken aufeinander ein und veranlassen Zusammenballung. — Auch hier kommt es beim Ersatz gesättigter Rezeptoren leicht zu solcher

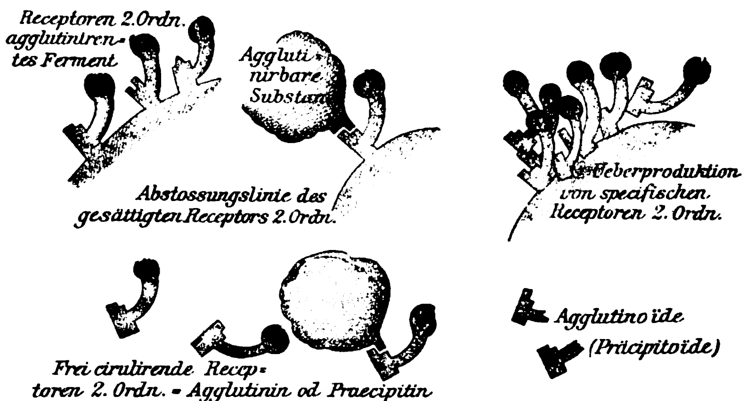


Fig. 148.
Bildungsweise der Agglutinine (und Präzipitine) nach EHRLICH.

Überproduktion, daß ungesättigte Rezeptoren abgestoßen werden und frei im Blut zirkulieren. Diese Rezeptoren sind dann die in dem betreffenden Blut vorrätigen **Agglutinine**. Es sind dies **relativ** widerstandsfähige Substanzen; sie vertragen noch Erwärmung auf 60 bis 65°, aber nicht mehr auf 65 bis 70°. Gegen Säure, Licht, Aufbewahren in dünnen Lösungen sind sie empfindlich. — Die zymophore Gruppe ist, wie bei den Toxinen, die empfindlichere. Es entstehen daher leicht **Agglutinoide**, welche nur noch die haptophore Gruppe enthalten. Diese sind imstande, die agglutinabele Substanz von Bakterien zu binden und damit deren haptophore Gruppen zu verstopfen aber ohne daß Zusammenballung eintritt.

Daß die zymophore Gruppe fest angelagert ist und nicht etwa aus einem besonderen mittels einer zweiten haptophoren Gruppe angelagerten Molekül besteht, das geht aus Versuchen hervor, bei denen man (z. B. durch Hitze) die Agglutinine wirkungslos macht. Hier müßte man erwarten, daß die allein geschädigte zymophore Gruppe durch ein Hinzufügen neuer zymophorer Moleküle wieder reaktiviert werden kann. Derartiges konnte indes bisher **nicht** beobachtet werden.

Über die chemische Natur der agglutinabelen Substanz und der Agglutinine wissen wir nichts sicheres. Sie sind von den Serumeiweißstoffen vorläufig nicht zu trennen.

Auch die Agglutination wird neuerdings als eine kolloidale Reaktion aufgefaßt. Die Vereinigung erfolgt nicht in einfachen Proportionen; dagegen zeigt die „Ausflockung" organischer und anorganischer Kolloide ganz ähnliche Erscheinungen. — Eine Ausflockung, die mit der Agglutination äußere Ähnlichkeit hat, kommt in Bakterienaufschwemmungen z. B. durch Chrysoidin, Formalin, Safranin usw. zustande, andererseits z. B. mit Mastixsuspensionen und Serum. Es fehlt indes die Spezifizität der Wirkung. — Eine befriedigende Erklärung des Agglutinationsvorgangs läßt sich noch nicht geben; Grubers Erklärungsversuch s. unten.

Von großer Bedeutung ist der spezifische Charakter der Agglutination. Zwar vermag bei stärkerer Konzentration fast jedes Serum agglutinierend auf verschiedene Bakterienarten zu wirken. Aber sobald man mit Verdünnungen arbeitet und die Grenze der stärksten Verdünnung beachtet, welche noch Agglutination bewirkt, tritt die Spezifität der Reaktion deutlich hervor.

Im normalen Serum finden wir nur kleine Mengen „Normalagglutinine". Injiziert man aber Tieren Kulturen einer bestimmten Bakterienart (am besten durch intravenöse Injektion steigender Dosen der durch Erhitzen oder Chloroform abgetöteten Kulturaufschwemmung in etwa zehntätigen Intervallen); oder erkrankt ein Mensch durch Invasion einer bestimmten Bakterienart, dann bilden sich, meist 7 bis 10 Tage nach der Injektion, reichlich spezifische „Immunagglutinine". Der Gehalt kann so bedeutend werden, daß das Serum einen Agglutinationstiter von 1 : 10000 zeigt, d. h. daß eine Verdünnung des Serums 1 : 10000 mit physiologischer Kochsalzlösung noch eine Aufschwemmung von 1 Öse = 2 mg 24stündiger Agarkultur zur Agglutination bringt. — Hochgradige erworbene Agglutination beobachten wir namentlich gegenüber Cholera-, Typhus-, Coli-, Dysenteriebazillen u. a. m.

Neben den Hauptagglutininen, welche genau der haptophoren Gruppe der agglutinabelen Substanz der zur Vorbehandlung benutzten Bakterienart entsprechen, entstehen oft noch Nebenagglutinine, welche ähnlich gebaute haptophore Gruppen besitzen. Bei manchen Bakterien (Coligruppe) entstehen diese besonders reichlich; der spezifische Charakter der haptophoren Gruppe bleibt zwar bestehen gegenüber einer Familie von nahe verwandten Bakterienarten, aber versagt innerhalb dieser Familie insofern, als eine Mitagglutination der nächst verwandten Arten erfolgt. — In anderen Fällen kann eine Invasion von mehreren Bakterienarten, eine Mischinfektion, stattgefunden haben, und das Serum kann dann nebeneinander mehrere streng spezifische Agglutinine enthalten. Ob Mitagglutination oder Mischinfektion vorliegt, das kann unter Umständen entschieden werden durch den Castellanischen Versuch; es werden zunächst in die Serumverdünnung die am stärksten beeinflußten

Bakterien bis zur Sättigung eingetragen und dann wird zentrifugiert. Wirkt nun das Serum nicht mehr auf die andere Bakterienart, so hat Mitagglutination vorgelegen; werden dagegen die anderen Bakterien unverändert agglutiniert, so handelte es sich um Mischinfektion.

Nach GRUBER sollen die Agglutinine mit dem Sensibilisator BORDETS und dem EHRLICHschen Ambozeptor (s. unten) identisch sein und dadurch wirken, daß sie die Membran der Bakterien quellen und dadurch für die Auflösung durch Fermente (Alexin, Komplement) geeignet machen. Indes spricht vieles dafür, daß die Immunität gegen parasitäre Krankheiten von dem Agglutiningehalt des Blutes nicht abhängt. Tiere mit angeborener Empfänglichkeit zeigen manchmal ausgesprochene Agglutination gegenüber den betreffenden Erregern (Pferdeblut und Tetanusbazillen). Namentlich aber bei erworbener oder künstlich hervorgerufener Immunität geht diese der Agglutininwirkung des Blutes keineswegs parallel; Beobachtungen wie die, daß in der Typhusrekonvaleszenz bei stetig steigendem Agglutiningehalt Rezidive der Krankheit vorkommen, daß anderseits im ganzen Verlauf eines bakteriologisch sicher gestellten Typhus die Agglutinine fehlen, stellen jede Beziehung zwischen Agglutination und Immunität in Frage. Auch treten oft sehr große Differenzen hervor im Gehalt des Blutes an Agglutininen und anderen Antikörpern, welchen letzteren weit eher eine Beteiligung an dem Schutze des Körpers zugeschrieben werden muß. Wir können daher nach dem bis jetzt vorliegenden Material die Bildung von Agglutininen lediglich als eine vom eigentlichen Immunisierungsvorgang unabhängige und diesen nur oft begleitende Erscheinung auffassen.

Außer Agglutininen für Bakterien existieren im Serum vielfach Agglutinine, welche die Erythrozyten anderer Tierspezies zum Zusammenballen bringen. Ein Serum kann verschiedene solche Agglutinine enthalten; normales Ziegenserum z. B. agglutiniert die Erythrozyten des Menschen, der Taube usw. Bildung neuer spezifischer Agglutinine und Steigerung der vorhandenen ist auch hier in hohem Maße möglich durch Behandlung der Tiere mit Injektionen fremder Blutarten. Dabei treten gleichzeitig die unten beschriebenen Hämolysine auf; letztere sind aber hitzeempfindlicher und durch Hitze von 55° lassen sich daher die Hämagglutinine von den Hämolysinen trennen.

Durch Vorbehandlung von Tieren mit Agglutininen kann ferner die Bildung von Antiagglutininen angeregt werden, welche stärkere Affinität zum Agglutinin haben, als die zugehörige agglutinabele Substanz und welche somit die Agglutination der letzteren zu hindern vermögen.

3. Präzipitine.

Dem Vorgang der Agglutination sehr ähnlich ist die Präzipitinwirkung, die beim Vermischen von Blutserum und Lösungen geeigneter eiweißartiger Substanzen zustande kommt. Stellt man z. B. ein bak-

terienfreies Kulturfiltrat von einer bestimmten Bakterienart her, so daß dieses nur gelöste Stoffwechselprodukte und Leibessubstanzen der Bakterien enthält, und fügt dann Immunserum zu, welches nach Behandlung mit denselben Bakterien gewonnen ist, so entsteht selbst noch in großer Verdünnung eine Fällung in Form einer Trübung oder eines Niederschlags (KRAUS).

Eine solche Fällung kommt auch zustande zwischen Eiweißlösungen und dem Serum eines Tieres, das mit demselben Eiweiß vorbehandelt ist, vorausgesetzt, daß dieses Eiweiß demjenigen des normalen Serums körperfremd, heterolog, ist (BORDET, TSISTOWITSCH). Jedes heterologe Eiweiß wirkt als Antigen und erzeugt überschüssige, mit passender Haftgruppe versehene Rezeptoren, die demnächst mit der präzipitabelen Substanz sich verbinden. Man kann in diesem Verhalten eine Art Schutzwirkung des Körpers sehen, der auf diese Weise fremde Stoffe nicht unverändert zirkulieren läßt, sondern in unlösliche Form überzuführen sucht. Die Reaktion ist streng spezifisch, sobald starke Verdünnungen angewendet und die quantitativ festgestellten Verdünnungsgrenzen eingehalten werden; sie ist zum Nachweis präzipitabeler Eiweißstoffe weit empfindlicher als irgendwelche chemische Reaktion. Manche bisher für identisch gehaltene Eiweißarten lassen sich erst durch die Präzipitinmethode als voneinander verschieden erkennen, so das Albumin des Blutes und das der Milch. Injiziert man z. B. einem Kaninchen Kuhmilch, so treten im Serum Stoffe auf, welche das Kaseïn der Kuhmilch ausfällen, nicht aber das von Ziegen- und Frauenmilch und umgekehrt. Injiziert man Kaninchen wiederholt Menschenblut, so erzielt man ein Serum, das noch in größten Verdünnungen von Menschenblut oder anderen vom Menschen stammenden Eiweißkörpern Trübung hervorruft, während dasselbe Serum gegenüber Eiweißkörpern von anderen Tieren keine Trübung bewirkt, bezw. erst bei viel höheren Konzentrationen (feiner Nachweis von Mencheneiweiß und Menschenblut nach WASSERMANN, UHLENHUTH). Muskelextrakt von Pferdefleisch, Kaninchen wiederholt injiziert, gibt ein Serum, das zum Nachweis von Pferdefleisch geeignet ist (s. S. 237).

Nur bei einander sehr nahe stehenden Tierspezies versagt die Methode das Eiweiß der anthropoïden Affen z. B. scheint für den Menschen keinen hinreichend ausgesprochen heterologen Charakter zu haben. Durch Auswahl möglichst fernstehender Tierarten zur Herstellung des Serums, Hochwertigkeit des letzteren und genaue quantitative Grenzbestimmungen läßt sich die Methode noch weiter verfeinern (vgl. übrigens S. 588 die Methode von NEISSER-MORESCHI).

Physiologisch kommt die Präzipitierung oft in Anwendung, z. B. wenn Menschen heterologes Eiweiß in Form von Fleisch, Ei, Milch genießen. Ehe dieses assimiliert und in ein für den Menschen homologes, flüssig bleibendes

Eiweiß verwandelt werden kann, müssen die spezifischen Eigentümlichkeiten des Rinder-, Hühnereiweißes usw. beseitigt werden.

Durch mäßiges Erhitzen wird das Serum inaktiviert, d. h. die Funktionsgruppe des Präzipitins wird zerstört und es entstehen **Präzipitoide**, die zwar das entsprechende Eiweiß noch absättigen, aber nicht fällen. Nach der Behandlung mit Präzipitoiden wird die Eiweißlösung auch durch Präzipitine nicht mehr gefällt. — Durch Injektion von Präzipitinen lassen sich **Antipräzipitine** gewinnen.

4. Zytolysine (Bakteriolysine, Hämolysine).

Die Hauptfunktionen im Zellleben des Körpers fallen vermutlich den Rezeptoren dritter **Ordnung** zu. Ihnen kommt die Fähigkeit zu, einerseits hochmolekulare Eiweißstoffe und andererseits im Blut kreisende Fermente an die Zelle zu fesseln und dadurch jene Moleküle so zu

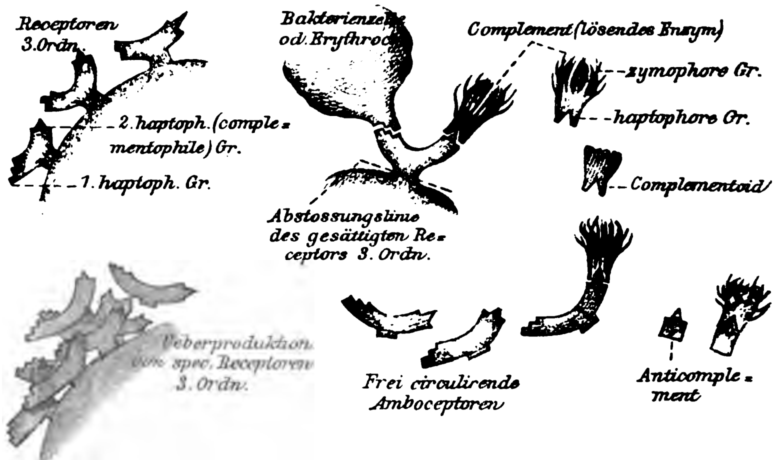


Fig. 149.
Bildungsweise der Cytolysine nach Ehrlich.

zerlegen, daß sie assimilierbar werden. Die Rezeptoren müssen zu diesem Zweck mit zwei haptophoren Gruppen ausgestattet sein; die eine paßt in eine haptophore Gruppe des Eiweißmoleküls oder der Bakterienzelle (oder der Erythrozyten); die andere paßt zur haptophoren Gruppe des Ferments. Die frei zirkulierenden, gelegentlich von den Rezeptoren dritter Ordnung gefesselten Fermente bezeichnet Ehrlich als **Komplemente**. Sie wirken vorzugsweise lytisch, auflösend, ähnlich peptonisierenden Enzymen. In jedem normalen Blut sind verschiedene solche Komplemente enthalten. Bei mäßiger Hitze zerfallen sie wie die Toxine und es bleibt nur ihre haptophore Gruppe übrig, die als „**Komplementoid**" bezeichnet wird. — Als **Bildungsstätten** der Fermente haben wir vielleicht die **Leukozyten** anzusehen, namentlich

aber die an der Blutbildung beteiligten Organe, Milz, Lymphdrüsen und Knochenmark.

Gelangen Bakterienzellen ins Blut, die an die eine haptophore Gruppe des Rezeptors verankert werden können, so führt die zweite haptophore (komplementophile) Gruppe das geschilderte Komplement heran und die Bakterienzelle wird infolgedessen aufgelöst. Der gesättigte Rezeptor wird nun abgestoßen, im Überschuß produziert und schließlich zirkulieren im Blut freie Rezeptoren dritter Ordnung, d. h. Rezeptoren mit zwei haptophoren Gruppen. Diesen hat Ehrlich die Bezeichnung „Ambozeptor" beigelegt. Sie können im Blut kreisend an ihrer einen Haftstelle Komplemente aufnehmen oder schon aufgenommen haben und dadurch vollkommen ausgerüstet sein, um geeignetes Material zu fesseln und aufzulösen. Das Komplement allein ist wirkungslos, weil seine haptophore Gruppe zwar in dem Ambozeptor, aber nicht direkt in die haptophore Gruppe des Eiweißmoleküls bezw. der Bakterienzelle paßt. Die Ambozeptoren spielen daher eine ungemein wichtige Vermittlerrolle für die Wirkung des Komplements. Sie müssen durch eine große Verschiedenheit ihrer freien haptophoren Gruppe ausgezeichnet sein und dadurch den Körper instand setzen, sehr verschiedene Moleküle mit dem gleichen Komplement zu verketten.

Aus dieser Vorstellung heraus lassen sich folgende fundamentale Beobachtungen über die Wirkung des Blutserums auf Bakterienzellen erklären:

1. Das dem normalen, nicht vorbehandelten Tier entnommene Blutserum zeigt im Reagenzglas energische bakterizide Wirkung (Nuttall, Buchner). Das bakterizide Vermögen des gleichen Serums erstreckt sich nicht gleichmäßig auf alle Bakterien; die eine Art wird ausgiebig, andere werden wenig, wieder andere gar nicht abgetötet. Auch das Serum verschiedener Tierspezies verhält sich ungleich. — Erwärmt man wirksames Serum kurze Zeit auf 55°, so verschwindet die bakterizide Fähigkeit und das Serum wird zum guten Nährsubstrat für dieselben Bakterien, die vor dem Erhitzen im Serum zugrunde gingen.

Buchner bezeichnete die Stoffe des Serums, die in dieser Weise wirksam sind, als Alexine. Wir fassen dieselben jetzt auf als frei zirkulierende, durch geeignete Ambozeptoren zur Wirkung befähigte Komplemente, die z. B. als Verdauungsfermente des intermediären Stoffwechsels stets in größerer Zahl vorhanden sein müssen. Die Zellmoleküle vieler Bakterien passen in die Ambozeptoren und fallen dadurch der Auflösung anheim. Durch die Erhitzung auf 55° geht die zymophore Gruppe des Komplements zugrunde, und dann bleibt die Auflösung aus.

Die Alexine betrachtet man als eine wesentliche Ursache der angeborenen Immunität. In der Tat sehen wir oft die bakterizide Wirkung des Serums gegenüber einer Bakterienart parallel gehen mit der Unempfänglichkeit der betreffenden Tierspezies. Nicht selten fehlt indes dieser Parallelismus. Solche Abweichungen sind insofern unerheblich, als offenbar nicht der momentane Gehalt des Blutes an Alexinen, der im Reagenzglas zur Beobachtung kommt, für die Immunität von Bedeutung ist, sondern die Schnelligkeit, mit der im Bedarfsfall Alexine gebildet und mobil gemacht werden können. Ferner läßt sich für manche Krankheiten nach künstlicher Ausschaltung der Komplemente (s. unten) eine Empfänglichkeit herstellen, die früher nicht bestand. Aber auch diese Erscheinung tritt nicht bei allen Krankheitserregern zutage, so daß keineswegs jede angeborene Immunität ausschließlich auf Alexine zurückzuführen ist.

2. Ist durch Überstehen einer parasitären Krankheit oder durch absichtliche Einbringung bestimmter Krankheitserreger Immunität erworben, so erhält das Serum spezifische hochgradig auflösende Wirkung gegenüber der betreffenden Bakterienart; eine Infektion mit solchen Bakterien, auf die man vorher eine entsprechende Menge Immunserum hat einwirken lassen, bleibt resultatlos. — Die Wirkung zeigt sich im Reagenzglas aber nur, wenn das Serum ganz frisch ist; sehr bald erlischt sie; und durch Erwärmen auf 55° wird das Serum sofort inaktiv (inaktiviertes Immunserum). Die Wirkung tritt indes wieder hervor, wenn die Mischung von Serum und Bakterien in die Bauchhöhle normaler Meerschweinchen eingebracht wird. (Pfeifferscher Versuch, siehe im „Anhang".) Ferner kann sie auch im Reagenzglas wieder auftreten, wenn man dem inaktiven Serum etwas frisches Peritonealexsudat, Blut oder Blutserum eines normalen Meerschweinchens zusetzt.

Auch dieses Verhalten wird ohne weiteres verständlich, wenn wir annehmen, daß durch die Immunisierung eine einseitige Vermehrung solcher Ambozeptoren stattgefunden hat, welche spezifische Affinität zu den betreffenden Bakterienzellen besitzen. Die offenbar sehr lange haltbaren „Ambozeptoren" oder „spezifischen Immunkörper" haben auch hier die Funktion, das nichtspezifische Komplement an die Bakterienzellen heranzubringen. Die Komplemente sind aber — wie schon hervorgehoben — sehr wenig widerstandsfähig; in älterem oder erwärmtem Serum fehlt es daher an wirksamem Komplement, während die spezifischen Ambozeptoren erhalten sind. In der Bauchhöhle des Meerschweinchens, im frisch entnommenen Peritonealexsudat und im normalen Blut sind stets Komplemente vorhanden; sobald daher diese

zugefügt werden, vermag die spezifische Bakterienauflösung wieder vor sich zu gehen, das Immunserum ist reaktiviert.

Auftreten spezifischer Bakteriolysine beobachtet man z. B. bei erworbener Immunisierung gegen Cholera, Typhus, Pest, B. coli, B. pyocyaneus. Viele nehmen an, daß in diesen Fällen der Gehalt des Blutes an Bakteriolysinen einen wesentlichen Anteil der Immunität ausmacht.

Allerdings hat man sowohl gegen die lytischen Wirkungen des normalen wie des Immunserums eingewendet (Baumgarten), daß das Absterben der Bakterien im Serum nur durch Plasmolyse zustande komme, die eine Folge der Übertragung in chemisch differentes Substrat sei; und daß aus den Beobachtungen im Reagenzglas nicht auf die Vorgänge im lebenden Tier geschlossen werden dürfe. Indes läßt sich zeigen (Wassermann), daß im lebenden immunisierten Tier die Ausschaltung des Immunkörpers oder des Komplements möglich ist, und daß dann in entsprechendem Maße die Resistenz gegen Infektionen absinkt. Eine solche Ausschaltung ist durch Antiimmunkörper möglich, die man erhält, wenn man ein Tier mit Immunkörpern behandelt, oder besser durch Antikomplement, das durch Vorbehandlung mit Komplement erhalten wird. In letzterem Falle injiziert man z. B. ganz frisches normales Blutserum, das reichlich Komplement, oder nach vorsichtigem Erwärmen wenigstens noch Komplementoide enthält; es wird dadurch die Bildung von Rezeptoren veranlaßt, die besonders starke Affinität zum Komplement haben und dasselbe binden, also Antikomplement (s. Fig. 146) darstellen. Wird Blut mit Antikomplement Tieren injiziert, dann wird das vorhandene Komplement gebunden, und gleichzeitig bleibt die Immunität aus, obschon genügend Immunkörper (Ambozeptoren) vorhanden sind. Das Komplement wird übrigens sehr rasch im Körper regeneriert. — Merkwürdig ist die von Pfeiffer und Friedberger gemachte Beobachtung, daß normales Serum, mit lebenden oder toten Cholera- bezw. Typhusbazillen versetzt, zu einem spezifisch antagonistischen Serum wird, welches das mehrfache Multiplum eines Immunserums in seiner schützenden Wirkung zu hemmen vermag. Auch diese Wirkung geht durch Erhitzen auf 55 bis 60° verloren.

Selbst dann, wenn die Bakteriolysine an der Immunität wesentlich beteiligt sind, darf man nicht erwarten, daß beim immunisierten Menschen oder Tier der Gehalt des Bluts an Bakteriolysinen (bakterizider oder bakteriolytischer Titer, s. im Anhang) dem Immunisierungsgrade parallel geht und als Indikator für diesen benutzt werden kann. Es ist vielmehr von Wassermann darauf hingewiesen, daß — ganz wie bei den Alexinen — die Bildungsstätten der spezifischen Bakteriolysine (Milz, Knochenmark usw.) in der Lage sein können, große Mengen davon in kurzer Zeit herzustellen oder im Depot vorrätig zu halten, während der momentane Gehalt des Bluts gering ist und umgekehrt. Man wird also mit Rückschlüssen aus einem hohen bakteriolytischen Titer des Bluts auf hochgradige Immunität vorsichtig sein müssen.

Über die chemische Natur der Bakteriolysine befinden wir uns in der gleichen Unsicherheit wie bezüglich der Antitoxine und Agglutinine. Die Reaktionserscheinungen scheinen ebenso wie bei jenen kolloidaler Natur zu sein. Im übrigen sind sie sicher von den übrigen Antikörpern verschieden und

lassen sich von diesen trennen. Insbesondere sind die Ambozeptoren widerstandsfähiger als alle anderen Schutzstoffe; erst bei längerem Erhitzen auf 70° werden sie zerstört.

Da die Leibessubstanz der Bakterien aus verschiedenen Komponenten besteht, hat man auch die Antigene und die durch deren Reiz gebildeten Ambozeptoren sich nicht als einfach zu denken, sondern es gibt deren stets eine Mehrzahl, die man als Haupt- und Neben- oder Partialambozeptoren unterscheiden kann. Bei demselben Bakterienstamm variieren außerdem die Nebenantigene; bei verschiedenen Stämmen der gleichen Art kommen noch stärkere Variationen vor. Will man daher durch eine Bakterienart Ambozeptoren in einem Tierkörper erzeugen, die für alle möglichen Angriffsstoffe dieser Bakterienart passen, so muß man möglichst viele Stämme zur Vorbehandlung der Tiere benutzen (polyvalente Sera). Haupt- und Nebenambozeptoren kann man sich zu einem komplexen Immunkörper vereinigt denken.

Auch das Komplement ist offenbar nicht einheitlicher Natur. Jeder tierische Organismus verfügt vermutlich über eine große Zahl von Komplementen; dennoch kommen Differenzen vor, und es fehlt der einen oder anderen Spezies oder manchen Individuen an gewissen Komplementen. Für bestimmte lytische Prozesse ist bald das eine, bald das andere Komplement erforderlich. Wir dürfen uns vorstellen, daß nicht für jedes Komplement ein besonderer Ambozeptor nötig ist, sondern daß die Ambozeptoren häufig mit einer größeren Anzahl von komplementophilen Gruppen ausgerüstet und also für verschiedene lytische Prozesse verwendbar sind. Dasjenige Komplement, das für den einzelnen in Betracht kommenden Fall unbedingt erforderlich ist, bezeichnet man zweckmäßig als dominantes Komplement; erst wenn dieses an einem Arm des Ambozeptors (richtiger Polyzeptors) haftet, kommt die Auflösung zustande, während eine Besetzung der anderen Arme mit anderem Komplement ohne Wirkung ist (s. Fig. 150).



Fig. 150.
Ambozeptor mit 5 komplementophilen Gruppen (nach Ehrlich).

Eine eigentümliche Erscheinung tritt zuweilen ein, wenn eine Bakterienaufschwemmung mit steigenden Dosen inaktivierten bakteriolytischen Serums, dem frisches Komplement zugeführt ist, versetzt wird. Bei größeren Dosen zeigt sich alsdann unter Umständen eine weniger ausgedehnte Auflösung der Bakterien, als bei kleineren Dosen. Diesen Vorgang hat man sich in der Weise zu erklären versucht, daß man annimmt, ein Teil der Ambozeptoren verankere sich sogleich mit den Rezeptoren der Bakterienzellen, aber die Avidität der Ambozeptoren, das Komplement sich anzulagern, sei dadurch nicht erheblich gesteigert (in anderen Fällen beobachtet man indes eine solche Steigerung, s. unten); auch diejenigen

Ambozeptoren, welche keine Bakterienzellen mehr vorfinden, sollen vielmehr gleichfalls Komplement an sich reißen, und je mehr von diesen freien Ambozeptoren da sind, um so mehr Komplement kommt auf ihren Anteil, während der Anteil der mit Bakterienzellen besetzten Ambozeptoren entsprechend geringer wird (Neisser-Wechsberg sche Komplementablenkung). Dies Verhalten könnte praktische Bedeutung gewinnen, insofern z. B. bei der Verwendung von Immunserum größere Dosen eventuell nicht zu einer Steigerung sondern zu einer Verminderung der Wirkung führen würden.

Von einigen Forschern wird bestritten, daß Ambozeptor und Komplement sich wirklich vereinigen müssen, um die Auflösung zu bewirken. Sie nehmen an, daß der Ambozeptor, der von gewissen Organen des Körpers geliefert wird, identisch ist mit dem Agglutinin, bzw. daß er nur als Sensibilisator (Bordet) oder Präparator (Gruber) oder Fixator (Metschnikoff) auf die Bakterienzelle wirkt, deren Membran zum Aufquellen bringt und dadurch den vorhandenen Komplementen (Alexinen, Cytase) die Auflösung ermöglicht. — Eine Reihe von Phänomenen, wie z. B. die eben besprochene Komplementablenkung, sowie Beobachtungen bei den besonders eingehend studierten Hämolysinen sprechen indes für eine Bindung zwischen Ambozeptor und Komplement; und die Agglutinine lassen sich bei geeignetem Vorgehen so deutlich von den Bakteriolysinen trennen, daß eine Identität beider ausgeschlossen erscheint. Beispielsweise kann man durch Behandlung von Tieren mit gewissen abgetöteten Bakterien Sera erhalten, die einen sehr hohen Agglutinationstiter haben, die aber fast gar nicht bakterizid wirken und auch durch Zusätze von Komplementen diese Fähigkeit nicht erlangen.

Eine Verwendung der bakteriziden Eigenschaften des Blutes zur Schutzimpfung läßt sich — wie bei den Antitoxinen — entweder durch aktive oder durch passive Immunisierung erreichen. Bei der aktiven werden die abgeschwächten oder abgetöteten Erreger einverleibt und der Geimpfte bildet selbst die spezifischen Ambozeptoren (Typhus, Cholera, Pest). Zur passiven Immunisierung werden eventuell Tiere zu benutzen sein, welche hoch aktiv immunisiert sind, und denen das an Ambozeptoren reiche Blut entzogen und zur Injektion bei dem zu schützenden Menschen verwendet wird. Entgegengesetzt den Erfahrungen mit den Antitoxinen liegt hier aber die Sache so, daß die aktive Immunisierung relativ leicht und sicher gelingt und vielfache Variationen gestattet. Passive Immunisierung durch bakterizides Immunserum ist dagegen schwierig, weil der Gehalt des Blutes an Antikörpern nicht so hoch getrieben werden kann, wie es bei den Antitoxinen möglich ist (vielleicht spielt hierbei unter Umständen die „Komplementablenkung“ eine Rolle). Außerdem ist der Vorgang komplizierter durch die notwendige Mitwirkung der Komplemente. Es ist z. B. beobachtet, daß ein Immunserum bei der einen Tierspezies kräftig wirkt, bei anderen aber wirkungslos bleibt, weil diesen das erforderliche Komplement fehlt; auch eine Zugabe geeigneten Ferments hilft in solchen Fällen nichts. Es empfiehlt sich daher, Tiere zur Vorbehandlung zu wählen, die den passiv

zu immunisierenden möglichst nahe stehen; man darf dann am ehesten auf das Vorhandensein des dominanten Komplements rechnen. — Nicht ohne Bedenken ist endlich, daß jede Einverleibung bakteriolytischen Serums mit der Auflösung zahlreicher Bakterien zugleich deren Endotoxine frei macht.

Hämolysine.

Tierisches Blutserum vermag außer gegenüber den Bakterien noch gegenüber anderen Zellen lytische Wirkungen zu äußern (Zytolysine, oder da in manchen Fällen keine Auflösung, sondern andersartige Schädigung erfolgt, Zytotoxine), schon in normalem Zustand, viel hochgradiger aber, wenn es durch Einverleibung solcher Zellen vorbehandelt ist. Besonders gut zum Studium dieser Vorgänge eignen sich die roten Blutkörperchen. Injiziert man einem Tier Erythrozyten einer anderen Tierspezies, so treten Hämolysine in Kraft, welche im normalen Blut vorrätig sind und welche die fremden Erythrozyten auflösen; darauf beruht die Giftigkeit fremden injizierten Blutes. — Angeboren sind indes nur kleine Mengen von Hämolysinen. Der Gehalt an einem einzelnen bestimmten Hämolysin läßt sich aber enorm erhöhen, wenn ein Tier mit allmählich steigenden Dosen eines fremden Blutes vorbehandelt wird. Stärkste Verdünnungen des Blutes lösen dann schon im Reagenzglas, am besten bei 30 bis 37°, die Erythrozyten des fremden Blutes auf und machen das Blut lackfarben. Die Reaktion ist spezifisch, jedoch mit den Einschränkungen, die auch für die Präzipitine gelten; bei nahestehenden Tieren kann sich die Hämolyse auf eine Gruppe von Arten erstrecken. — Weniger hohe Grade, als der Gehalt des Blutes an Heterolysinen gegenüber artfremden Blutarten, erreicht der Gehalt des Blutes an Isolysinen bei der Behandlung mit Blut der gleichen Tierspezies. Autolysine, welche die eigenen Blutkörperchen des Individuums aufzulösen vermögen, entstehen nur unter pathologischen Verhältnissen.

Auch abgesehen vom tierischen Serum wirken zahlreiche Substanzen hämolytisch; so Säuren und Alkalien; Pflanzengifte wie Ricin, Abrin; Schlangen-, Skorpionengift; zahlreiche Bakterien, z. B. pyogene Staphylokokken. Durch Vorbehandlung von Tieren mit solchen Hämolysinen lassen sich Antihämolysine erzeugen.

Die Bildung der Immunkörper, die Ausschaltung des Komplements (Inaktivierung des Serums), die Reaktivierung durch Zufügen neuen Komplements lassen sich bei den Hämolysinen ebenso und meist genauer verfolgen wie bei den Bakteriolysinen. Manche neue und abweichende Beobachtungen sind beim Studium der Hämolysine gemacht. So ist ermittelt, daß auch Endokomplemente in den Erythrozyten vorhanden und wirksam sein können. Ferner führt z. B.

ein Zusatz von Lezithin zu Kobragift und Erythrozyten zu schnellerer Hämolyse, weil offenbar das Lezithin sich mit dem Kobraambozeptor zu einem „Lezithid“ verbindet und weil dadurch die Avidität der zytophilen Gruppe des Kobraambozeptors erhöht wird. — Eine Abweichung besteht z. B. darin, daß die Erscheinung der Komplementablenkung bei den Hämolysinen nicht auftritt. Hier können sich nur die komplettierten Ambozeptoren an die Erythrozytenrezeptoren verankern, den leeren Ambozeptoren fehlt die nötige Avidität.

Quantitativ aufeinander eingestellte Sera und Erythrozytenaufschwemmungen bezeichnet man als ein „hämolytisches System“. Man stellt ein solches System z. B. her durch intravenöse Vorbehandlung eines Kaninchens mit Hammelblut. Das labile Komplement, das sich im Blute findet, aber fortgesetzt variiert, schaltet man dadurch ganz aus, daß man das Serum durch Erhitzen (56° 1/2 Stunde) inaktiviert, so daß es nur noch Ambozeptoren enthält. Nun wird eine bestimmte Menge (1 ccm) zentrifugierter, gut gewaschener Erythrozyten (5 prozentige Aufschwemmung von Hammelbluterythrozyten) mit verschiedenen Verdünnungen des inaktivierten Serums versetzt und eine abgemessene gleiche Menge frisches Komplement (frisches Kaninchen- oder Meerschweinchenserum 1:10 1 ccm) jeder Verdünnung zugefügt. Dann wird bestimmt, bei welcher Verdünnung vollkommene Hämolyse eintritt, und man sucht diesen Titer auf mindestens 1:1000 zu treiben. Auch die Menge Komplement, welche zur kompletten Wirkung erforderlich ist, muß genau eingehalten werden; wird zu wenig Komplement zugefügt, so kann auch dadurch die Hämolyse unvollständig werden. Ein solches hämolytisches System läßt sich in ausgezeichneter Weise zu diagnostischen Zwecken verwerten; darauf beruht z. B.:

a) Die Fixierungsreaktion von Bordet und Gengou: Das auf Anwesenheit bestimmter Immunstoffe zu untersuchende Blut wird mit den in Frage stehenden Krankheitserregern versetzt. Sind Immunkörper vorhanden, so verbinden sich diese mit den Bakterien (Antigenen); die so besetzten Ambozeptoren nehmen das vorhandene Komplement an sich. Sind keine Immunkörper da, dann bleibt das Komplement frei. Ob nun freies oder fest gebundenes Komplement vorhanden ist, das entscheidet man durch Zusatz des hämolytischen Systems; tritt bei diesem nach wie vor vollständige Hämolyse ein, so war das Komplement frei geblieben; ist dagegen jetzt die Hämolyse unvollkommen, so war Komplement verbraucht, folglich waren spezifische Ambozeptoren vorhanden, die durch die Antigene der fraglichen Krankheitserreger im Untersuchungsblut besetzt wurden.

b) Nach Wassermann, A. Neisser, Citron und Bruck bei Krankheiten, deren Erreger unbekannt bzw. nicht kultivierbar sind, zum Nachweis der Antigene: Von z. B. mit Syphilis vorbehandelten Affen gewinnt man Immunserum und inaktiviert dieses. Bringt man letzteres mit Körperflüssigkeiten (besser Extrakt von Erythrozyten) syphilisverdächtiger Personen zusammen, so werden diese bei begründetem Verdacht Syphilisantigene enthalten, welche sich mit

den Ambozeptoren jenes Immunserums verbinden werden. Die an ihrer Haftgruppe bereits besetzten Ambozeptoren werden stark Komplement-gierig sein. Fügt man nun zu dieser Mischung die übliche, zur vollständigen Hämolyse einer bekannten Mischung von Erythrozyten und inaktiviertem Serum ausreichenden Komplementmenge, so werden die mit Syphilisantigen besetzten Ambozeptoren einen Teil des Komplements für sich verbrauchen; und fügt man hernach jene Mischung von Erythrozyten und Serum hinzu, so tritt nicht mehr vollständige Hämolyse ein, die dagegen eingetreten sein würde, wenn kein Syphilisantigen zugegen und daher kein Komplement verbraucht worden wäre. — Leichter und sicherer als der Nachweis der Antigene scheint der Nachweis spezifischer Antikörper bei Lues zu gelingen. Man benutzt von den verdächtigen Patienten Blutserum (oder bei Paralyse und Tabes Spinalflüssigkeit); dieses wird inaktiviert. Als Antigen dient Extrakt aus Leber hereditär luetischer Föten; der klare Extrakt muß in Menge von 0·2 ccm mit 0·1 ccm sicher luetischem Serum komplette Hemmung der Hämolyse geben, während 0·2 ccm mit 0·2 ccm normalem Serum komplette Hämolyse geben muß. Die Prüfung besteht dann in der Mischung von 0·2 ccm Serum + 0·2 ccm Luesextrakt + 1 ccm Komplement 1 : 10 (s. oben) + 1 ccm hämolytische Ambozeptoren vom Titer 1 : 1000 + 1 ccm 5 Prozent Blutkörperchenaufschwemmung. — Zahlreiche Kontrollen (mit normalem Serum, Extrakt normaler Organe usw.) sind unerläßlich.

c) Verfahren von M. Neisser, Sachs, Moreschi zum forensischen Blutnachweis: Mit Menschenblut vorbehandeltes Kaninchenblut vermag bekanntlich in größten Verdünnungen von Menschenblut (besser: menschlichem Eiweiß) Präzipitate zu erzeugen. Diese Präzipitate haben nach Moreschi eine starke antikomplementäre Wirkung, absorbieren also energisch Komplement; nach Neisser bilden sich neben den Präzipitinen spezifische Ambozeptoren gegen die gelösten Eiweißkörper des Bluts, und diese Ambozeptoren zeigen, wenn ihre haptophore Gruppe durch passende Eiweißmoleküle besetzt ist, erhöhte Avidität gegen Komplement. Von beiden Auffassungen aus läßt sich der Nachweis des Präzipitats, der sonst auf der Wahrnehmung einer sichtbaren Trübung beruht, in der Weise verfeinern, daß man ein hämolytisches System zu Hilfe nimmt und damit feststellt, ob Komplementverbrauch durch das präzipitierte Blut stattgefunden hat. Es gelingt in dieser Weise, noch $\frac{1}{10000}$ ccm Menschenserum nachzuweisen; ferner läßt sich das Blut von Affen und Menschen, sowie verschiedener Menschenrassen differenzieren.

Bezüglich anderer Zytolysine sei nur erwähnt, daß man durch Injektion von Leukozyten ein Leukolysin erhält; durch Injektion von fremden Spermatozoën ein Heterospermatolysin, das die fremden Spermatozoën sofort zum Stillstand bringt, während es gegen die von derselben Spezies stammenden Spermatozoën unwirksam ist; durch Injektion von Spermatozoën von derselben Art dagegen ein spezifisches Isospermatolysin. Auch durch Einverleibung bestimmter Parenchymzellen können Nephrolysin, Neurolysin usw. gebildet werden. — Injiziert man Zytolysine einem andern Tier, so bilden sich in diesem Antizytolysine, aus Antizwischenkörper und Antikomplement bestehend.

Nach Untersuchungen von Emmerich und Löw handelt es sich bei der Auflösung der Bakterien durch Immunsera um Enzyme, die nicht nur vom Tierkörper, sondern auch von den Bakterien selbst gebildet werden.

So vermag z. B. die aus Kultur des Bac. pyocyaneus extrahierbare Pyocyanase Pyocyaneusbazillen und andere Bakterien energisch aufzulösen. Unter den anaëroben Verhältnissen im Innern des Körpers scheint diese Wirkung stärker hervorzutreten. Jedoch ist die Pyocyanase im Körper wenig haltbar; besser dagegen ein Pyocyanase-Immunproteïdin, welches auch zur Immunisierung verwendbar ist.

5. Opsonine (Bakteriotropine).

Wright (mit seinen Schülern Douglas, Leishman, Bulloch, Hektoen u. a.) nimmt an, daß die Phagozyten für die Verteidigung des Organismus von größter Bedeutung sind. Aber damit die Aufnahme der Bakterien in die Phagozyten zustande kommen kann, hält er eine besondere Einwirkung von Plasma- oder Serumbestandteilen auf die Bakterien für erforderlich. Die Stoffe, welche dies bewirken, sind die Opsonine (opsono, ich bereite für die Mahlzeit vor).

Wright geht bei seinen Untersuchungen in folgender Weise vor: Mittels dünn ausgezogener Glasrohre wird aus dem umschnürten Finger Blut gewonnen. Ein Teil der Glasröhre ist, um die Gerinnung zu verhindern, mit einer Lösung von 0,8 % Kochsalz und 0,5 % zitronsaurem Natron gefüllt. Nach der Aufnahme des Blutes wird zentrifugiert; es bilden sich drei Schichten, die Erythrozyten, das Plasma und dazwischen, als rahmartige Schicht, die Leukozyten. Letztere werden in eine Kapillare aufgenommen und mehrmals mit der oben erwähnten Salzlösung gewaschen und zentrifugiert. Schließlich werden auf einem Objektträger gemischt: 3 Teile dichte Leukozytenaufschwemmung, 3 Teile Serum (oder Plasma), 1 Teil Bakterienaufschwemmung (etwa 7—10 Milliarden Keime in 1 ccm). Die Mischung bleibt in einer Pipette 15 Minuten bei 37°. Dann folgt Ausstrich auf Objektträger, Fixierung, Färbung. Die intrazellulären Bakterien werden in 20 bis 30 Leukozyten gezählt und ihre Durchschnittszahl pro Leukozyt berechnet; diese Zahl ist der phagozytische Index. Außerdem wird angegeben, um wieviel größer oder kleiner dieser ist, als in der Norm; das Resultat bezeichnet man als opsonischen Index.

Phagozytose tritt in solchen Versuchen bei den meisten und namentlich bei den pathogenen Bakterien nur ein, wenn die Leukozyten mit dem Plasma oder Serum (beide sind gleichwertig) zusammen zur Verwendung kommen. Die Stoffe, welche die Phagozytose befördern, wirken nicht etwa auf die Leukozyten (Metschnikoffs Stimuline), sondern sie wirken lediglich auf die Bakterien. Ein Beweis hierfür wird dadurch geliefert, daß erhitztes Serum fast gar nicht wirkt, daß aber die Phagozytose nicht herabgesetzt ist, wenn man das Serum vorher 15 Minuten auf die Bakterien einwirken läßt und dann erhitzt.

Besonders empfindlich gegen die opsonische Serumwirkung sind Staphylokokken, Pneumokokken, Pest-, Cholera-, Typhusbazillen; dagegen sind ganz unempfindlich Diphtherie- und Xerosebazillen. Bei

manchen Bakterien beobachtet man im Innern der Leukozyten morphologische Veränderungen; bei Cholera- und Typhusbazillen tritt deutliche Kugelbildung ein.

Die Opsonine haben spezifischen Charakter, insofern bei Infektionskrankheiten und bei Immunisierungen der opsonische Index stets nur gegenüber der einzelnen Bakterienart herabgesetzt bezw. erhöht ist. Der opsonische Index ist daher auch für die Diagnose von parasitären Krankheiten benutzbar.

Die Opsonine des normalen Blutes werden durch 60° 10 Minuten zerstört. Sie sind nicht identisch mit den Komplementen, denn die Bildung der Opsonine durch die Bakterien erfolgt auch noch bei 0° und ihre Wirkung bleibt selbst bei solchen Seris erhalten, die nach der Bildung der Opsonine durch Erhitzen inaktiviert sind. Die Opsonine sind auch mit den Ambozeptoren nicht identisch wegen der verschiedenen Lage ihrer Inaktivierungstemperatur; ferner weil Ambozeptoren und Opsoninwirkung in ein und demselben Serum häufig voneinander abweichen. Der letztere Grund gilt ebenso gegen die Annahme einer Übereinstimmung von Opsoninen und Agglutininen; für diese Übereinstimmung ist nur die Opsonoidbildung angeführt, die sich ebenso vollzieht, wie die Bildung der Agglutinoide.

Der opsonische Index soll den Verteidigungszustand des Organismus gegenüber Infektionserregern besser kennzeichnen als die übrigen Schutzstoffe. Ist der Widerstand des Körpers gegenüber einer Parasitenart gebrochen, so gibt sich dies durch einen geringeren opsonischen Index kund; bei gesteigerter Resistenz bemerkt man dagegen erhöhten Index. Am eingehendsten nachgewiesen ist dieses Verhalten für Patienten, die an Staphylokokkeninvasion und für solche, die an Tuberkulose leiden. Der opsonische Index wurde hier anfangs zu 0,1 bis 0,8 (der normale Index zu 1,0 gesetzt) gefunden. Nach der Behandlung mit abgetöteten Staphylokokken bezw. Tuberkelbazillen tritt zwar zunächst stets ein Absinken der Phagozytose ein, die sogenannte negative Phase (Stadium der Überempfindlichkeit), die meist ein bis zwei Tage andauert und deren Intensität von der verwendeten Dosis abhängig ist. Nach der negativen Phase erhob sich dann aber der opsonische Index und zugleich besserte sich der Zustand der Patienten. Sowohl bei der künstlichen Einimpfung abgetöteter Bakterien wie auch bei der Selbstimpfung (die dadurch zustande kommt, daß Bakterienprodukte aus dem Krankheitsherd in den Kreislauf gelangen) tritt nur dann günstige Wirkung ein, wenn die negativen Phasen sich nicht summieren und die Reaktionsfähigkeit des Organismus nicht zu stark in Anspruch genommen wird.

Bakteriotropine.

Unabhängig von Wright haben Neufeld und Rimpau (in Anlehnung an frühere Untersuchungen von Denys und Leclef) bei Pneumo- und Streptokokken beobachtet, daß Immunsera, welche bakteriolytisches Vermögen nicht zeigen, die betreffenden Bakterien der Phagozytose zugänglich machen. Die hier zur Wirkung kommenden Stoffe bezeichneten Neufeld und Rimpau als „Bakteriotropine".

Diese Stoffe sind kaum etwas anderes als spezifische Immun-Opsonine. Allerdings hat man einen Unterschied zwischen den Opsoninen des normalen Bluts und denen des Immunserums darin finden wollen, daß die ersteren thermolabiler, die letzteren hitzebeständiger seien. Aber die Versuche hierüber sind nicht abgeschlossen; und keinesfalls haben wir Grund anzunehmen, daß für die hitzebeständigen Immunopsoninen noch eine weitere Trennung in zwei Gruppen nötig ist.

Die Bakteriotropine sollen nach Neufeld diejenigen Antikörper sein, welche sich gerade gegen solche Rezeptoren der Bakterien richten, die als Träger der „Virulenz" anzusehen sind. Nur virulente Bakterien können daher dasjenige Antigen liefern, welches die Bildung freier, als Bakteriotropin fungierender Rezeptoren bewirkt; völlig avirulente Kokken können solche Rezeptorenbildung überhaupt nicht anregen. Direkt hierauf gerichtete Untersuchungen scheinen dieses Verhalten der Tropine bestätigt zu haben.

6. Antiaggressine.

Hueppe und seine Schüler, namentlich Bail, schreiben den parasitären Bakterien besondere Angriffsstoffe, Aggressine, zu. Wie S. 504 bereits dargelegt ist, gehören sie zu den unter besonderen Umständen freiwerdenden bezw. abgeschiedenen Leibessubstanzen der Bakterien. Bail ließ sich bei der Auffindung der Aggressine von der Überlegung leiten, daß die Bakterien vermöge der Aggressine die Schutzkräfte des Körpers sich vom Leibe halten müssen, daß dies aber naturgemäß am Orte ihres Eindringens besonders der Fall sein wird; bilden sich dort pathologische Flüssigkeiten, Ödeme und Exsudate, so wird man wahrscheinlich in diesen die Aggressine finden. Derartige Bildungen entstehen namentlich, wenn man die Bazillen in die Bauchhöhle von Versuchstieren injiziert; in anderen Fällen kann man auch intrapleural oder subkutan Exsudat erhalten. Das Exsudat wird durch sorgfältiges Zentrifugieren von allen Zellen und von der größten Mehrzahl der Bazillen, wenn nötig auch durch vorsichtige Sterilisation von allen Bazillen befreit, so daß eine klare gelbliche, meist etwas fadenziehende Flüssigkeit entsteht; diese dient zum Studium der Aggressine.

Durch Zufügung von Aggressin gelingt es: 1. untertödliche Mengen von pathogenen Bakterien tödlich zu machen; 2. mit Bakterien, die für sich allein erst in sehr großen Dosen oder überhaupt keine tödliche

Affektion bewirken, den Tod der Versuchstiere herbeizuführen (Bail teilt die Bakterien ein in Ganz- oder Vollparasiten, die viel Aggressin liefern und daher in kleinsten Dosen infektiös sind, und in Halbparasiten mit wenig Aggressin und Wirkung nur in großen Dosen). Durch Vorbehandlung von Tieren mit Agressin gelingt es ferner, eine Immunität durch Antiaggressine zu erzeugen, die sich von der antitoxischen und bakteriolytischen Immunität wesentlich unterscheidet, und die sich selbst gegen Bakterien durchführen läßt, die bisher allen Immunisierungsmethoden trotzten.

Die Schutzkräfte, auf welche die Aggressine hemmend wirken, sind offenbar vorzugsweise die Phagozyten; dabei ist nicht nur negative Chemotaxis im Spiel, sondern wohl noch andere kompliziertere Einwirkungen auf die Phagozyten.

Gegen die Aggressintheorie wird eingewendet, daß in den Exsudaten sicher häufig sowohl freie Rezeptoren, welche die Bakteriolysine fesseln, als auch Toxine, namentlich frei gewordene Endotoxine, vorhanden sind; mindestens ein Teil der Aggressinwirkung ist auf diese Bestandteile der Exsudate zurückzuführen.

Bei der Immunisierung mit Aggressin werden ebenfalls Bakteriolysine und Antitoxine oft nebenher gebildet werden und unter Umständen mit zur Wirkung gelangen. Die Hauptsache und die eigentlich spezifische Wirkung der Antiaggressine bleibt aber die Beeinflussung der Phagozytose; und in dieser Beziehung sind zwischen den Antiaggressinen und den hitzebeständigen Opsoninen bezw. den Bakteriotropinen durchgreifende Unterschiede zurzeit wohl kaum aufzufinden.

Die in vorstehendem geschilderten vielseitigen Schutzvorrichtungen des Körpers beteiligen sich in sehr verschiedenem Grade an der Bekämpfung der einzelnen Parasiten. Manche von diesen Vorrichtungen treten gewiß nur unter den übertriebenen Verhältnissen des Experimentes stärker hervor, ohne im gleichen Maße bei der natürlichen Immunität beteiligt zu sein. Dies gilt namentlich von manchen Antitoxinen, Agglutininen und Bakteriolysinen. Bei der angeborenen Immunität wird z. B. häufig nicht sowohl die Bildung von Antitoxinen in Betracht kommen, als vielmehr die Unempfindlichkeit der von der Giftwirkung betroffenen Organe. Die Agglutinine sind, wie oben schon hervorgehoben wurde, beim Immunitätsvorgang wohl überhaupt nicht beteiligt. Bei den Bakteriolysinen weist das Fehlen jedes Parallelismus zwischen Virulenz der Erreger und Ausbeute an Bakteriolysinen darauf hin, daß auch sie vielleicht des öfteren keine wesentliche Rolle bei der Immunität spielen. Gelingt es doch außerdem bei manchen parasitären Krankheiten wie Pocken, Hundswut, Tuberkulose überhaupt nicht, Bakteriolysine im Tierversuch herzustellen. Andererseits ist es

auffallend, daß sich in immunen Tieren und Menschen und bei hohem bakteriolytischen Titer des Blutes noch lange Zeit lebende virulente Erreger vorfinden.

Auch die Phagozytose, die unstreitig neuerdings in den Vordergrund des Interesses gerückt ist, spielt keineswegs überall eine ausschlaggebende Rolle. In einzelnen Fällen (Rotlauf- und Mäusesepsisbazillen) werden die Bazillen zwar von den Phagozyten aufgenommen, aber sie überdauern diese. Bemerkenswert ist ferner, daß gut gewaschene und von Serumbestandteilen befreite Leukozyten im Reagenzglas zwar Aufnahme, aber keinerlei Schädigung der Bakterien zeigen. — Auch betreffs der thermostabilen Opsonine muß es als auffällig hervorgehoben werden, daß wenig und stark virulente Bakterien ziemlich gleiche Ausschläge geben. Nicht minder gibt die Persistenz virulenter Keime im völlig immunen Körper zu Bedenken bezüglich der durchgreifenden Leistungen der Opsonine Anlaß.

Endlich ist mit Recht darauf hingewiesen, daß alle Versuche im Reagenzglas und mit Kulturbazillen mit einiger Reserve aufgenommen werden müssen, da sogenannte „tierische" Bazillen, d. h. Bazillen, welche eine Zeitlang im Tierkörper sich aufgehalten haben, infolge dieses Aufenthalts offenbar eingreifend verändert werden und ihre Agglutinierbarkeit, Auflösbarkeit und Phagozytierbarkeit verlieren können (vgl. S. 568).

Es ist daher die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß unter den natürlichen Verhältnissen des lebenden Körpers für die Immunität noch andere Momente in Betracht kommen; namentlich ist an ein stärkeres Hervortreten der lokalen oder Organimmunität zu denken, bei welcher eine „Umstimmung" und Unempfindlichkeit einzelner Gewebe besonders an der Invasionsstelle einen erheblichen Teil des Schutzes übernimmt (Wassermann, Sauerbeck).

Keinesfalls dürfen wir die Probleme der Immunität als im wesentlichen gelöst betrachten, und ebensowenig ist es statthaft, einen einzigen bei einem Parasiten beobachteten Schutzvorgang ohne weiteres auf alle oder zahlreichere Parasitenarten zu übertragen. Aber zweifellos haben die bisherigen Immunitätsforschungen wichtige Einblicke in bis dahin ungekannte Kräfte des Körpers eröffnet und ganz neue Vorstellungen über den Kampf zwischen Wirt und Parasit geschaffen. Auch die künstlich übertriebenen Versuche haben ihre große Bedeutung dadurch, daß sie uns manche praktisch brauchbare Methode zur künstlichen Immunisierung und außerdem Sera geliefert haben, welche sich für therapeutische und diagnostische Zwecke ausgezeichnet bewährt haben.

B. Die absichtliche Herstellung der Immunität und die Schutzimpfungen.

1. Erhöhung der allgemeinen Resistenz gegen parasitäre Krankheiten.

Man kann zunächst versuchen, die Empfänglichkeit gegenüber den verschiedensten Infektionskrankheiten dadurch zu schwächen und die Resistenz des Körpers zu stärken, daß man die nicht spezifischen inneren Schutzeinrichtungen, Phagozyten, Alexine, Opsonine usw. vermehrt und möglichst funktionsfähig hält.

In der Tat hat man Resistenzvermehrung bei Versuchstieren namentlich durch solche Mittel erzielt, welche stärkere Leukozytose hervorrufen. Injektion von Hefenuklein, Pilokarpin, Zimtsäure; oder Injektion von lebenden oder abgetöteten saprophytischen Bakterien (B. prodigiosus, coli, pyocyaneus usw.); oder auch künstliche Herstellung von örtlicher Hyperämie, sei es durch äußere Applikation von Alkohol, sei es durch Umschnüren (Biersche Stauung), bewirken erschwerte oder verlangsamte Infektion, anscheinend vorzugsweise infolge der erhöhten Tätigkeit der Leukozyten und Opsonine. — Auch ein kurzdauernder Schutz gegen Cholera konnte z. B. durch Injektion von normalem Blutserum, Harn, Bouillon usw. in die Bauchhöhle von Meerschweinchen bei diesen ausgelöst werden. Hier greift teils die Leukozytose ein, teils das erhöhte Zuströmen von Komplementen zwecks Verdauung der injizierten Substanzen.

Die Beobachtungen, daß hungernde Tiere empfänglicher werden, daß Überanstrengung (Ratten im Tretrad), Störungen der Wärmeregulierung, künstlicher Diabetes, fortgesetzte Dosen von Chloral, Chloroform usw. die Resistenz gegen eine einzelne oder gegen mehrere Infektionskrankheiten herabsetzen, sind sicher in der gleichen Weise zu deuten; die Sensibilität der Phagozyten und die Produktion von Opsoninen und Alexinen nimmt entsprechend ab, und infolgedessen wächst die Empfänglichkeit des Körpers. — In anderen Versuchen hat man eine höhere Alkaleszenz des Blutes als förderlich für die Resistenz erkannt; es steht noch nicht fest, welcher der obengenannten direkt wirksamen Faktoren hierdurch beeinflußt wird. — Schließlich muß in manchen Fällen die Versorgung eines einzelnen Organs mit Blut, Leukozyten usw. ausschlaggebend sein für die Disposition des Körpers, an einer parasitären Krankheit mit bestimmter Wucherungsstätte der Erreger zu erkranken.

Für den praktischen Zweck einer Steigerung der Unempfänglichkeit des Menschen läßt sich aus diesen Beobachtungen nur folgern, daß eine Lebensweise und eine Ernährung, welche normalen Ablauf des Zellebens in allen Organen ermöglicht und welche speziell die

schützende Rolle der Leukozyten und die Fähigkeit der Zellen zur reichlichen Produktion von Antikörpern unterstützt, am ehesten Schutz gegen Infektionen gewähren wird.

Praktisch brauchbare, den in Betracht kommenden Körperfunktionen angepaßte Verhaltungsmaßregeln lassen sich indes zurzeit nicht aufstellen; man muß sich mit den Lehren der allgemeinen Hygiene begnügen und hoffen, daß unter der großen Summe von Lebensregeln, welche diese gibt, auch solche sich befinden, welche die Empfänglichkeit für diese oder jene Infektionskrankheit herabsetzen. Selbstverständlich arbeiten wir auf diese Weise immer mit einem großen, für die Bekämpfung der wichtigsten übertragbaren Krankheiten belanglosen Ballast von Lehren, die auch von der überwiegenden Mehrzahl der Menschen auf die Dauer gar nicht befolgt werden können, und die vielfach auf recht unsicherem Boden stehen. Dagegen ist es erheblich aussichtsvoller, gegenüber der einzelnen parasitären Krankheit eine Beeinflussung der spezifischen Disposition zu versuchen.

2. Spezifische Schutzimpfungen.

A. Aktive Immunisierung durch Einverleibung der Krankheitserreger oder ihrer Antigene.

Der Geimpfte stellt selbst aktiv die Antikörper her. Dabei zeigen sich Reaktionserscheinungen, die sich bis zu erheblicher Krankheit steigern können. Der Impfschutz tritt erst nach 5 bis 10 Tagen ein; dauert aber Monate bis Jahre.

a) Die älteste Methode der Schutzimpfung bestand in der absichtlichen Ansteckung Gesunder an Personen, welche an einer ansteckenden Krankheit leicht erkrankt waren. — Man stützte sich dabei auf die Erfahrung, daß gegen manche parasitäre Krankheiten durch einmaliges Überstehen eine langdauernde Unempfänglichkeit erworben wird. Nicht alle Infektionskrankheiten gewähren diesen Schutz; Pyämie und Sepsis, Gonorrhöe, Malaria, Pneumonie, Diphtherie, Influenza zeigen häufig schon kurze Zeit nach dem Überstehen der ersten Erkrankung Rezidive; einige hinterlassen sogar in ausgesprochener Weise eine gesteigerte Empfänglichkeit des Körpers. Andere Krankheiten bewirken wohl für einige Zeit Immunität, aber nicht ausnahmslos und nicht gleichartig bei den verschiedenen Tierspezies; so z. B. der Milzbrand, der nachweislich bei Menschen und Pferden rezidiviert, während Hammel und Rinder durch einmaliges Überstehen der Krankheit für längere Zeit geschützt werden. Cholera bewirkt in der Regel für einige Monate bis Jahre einen Schutz gegen wiederholte Erkrankung. Eine ausgesprochene, lange Zeit andauernde Immunität tritt gewöhnlich nach

einmaligem Überstehen von Pocken, Scharlach, Masern, Flecktyphus und Abdominaltyphus ein.

Von großer Wichtigkeit war die weitere Erfahrung, daß schwere und leichte Erkrankungen in bezug auf die dadurch gewährte Immunität häufig gleichwertig sind. Man beobachtete, daß außerordentlich leicht verlaufende Fälle von Scharlach, Masern, Abdominaltyphus, Cholera einen ebenso vollen Schutz gegen die gleiche Krankheit hinterlassen, wie Erkrankungen der schwersten Art. Infolgedessen hat man wiederholt versucht, z. B. in Epidemieen von Masern und Scharlach, welche vorzugsweise aus leichten Fällen bestanden und in welchen also mutmaßlich ein wenig virulentes Kontagium die Erkrankungen bewirkte, gesunde Kinder mit den kranken absichtlich in Berührung zu bringen, damit dieselben durch das Überstehen der leichten Erkrankung einen Schutz akquirierten gegen etwaige schwere Formen derselben Krankheit.

b) Schutzimpfung durch absichtliche kutane oder subkutane Einimpfung der vollvirulenten lebenden Krankheitserreger.

Diese Schutzimpfung wurde in großem Maßstabe im vorigen Jahrhundert ausgeführt in der Form der Variolation gegen die Pocken.

Man hatte die Erfahrung gemacht, daß die Erkrankung bei künstlicher Einimpfung des Pockenvirus in die Haut in der Regel relativ leicht verläuft. Einige Tage nach der Impfung bilden sich an den Impfstellen Pusteln aus, die am 9. Tage den Höhepunkt der Entwicklung erreichen; am 7. und 8. Tage tritt heftiges Fieber ein und am 10. Tage eine allgemeine Eruption von Pusteln, die aber schon vom 12. Tage ab zurückgeht.

Der Erfolg der Variolation war keineswegs ein befriedigender; auf 300 Geimpfte entfiel ein Todesfall; die Erkrankung war in zahlreichen Fällen ziemlich schwer; außerdem trug die Variolation sehr zur Verbreitung der Pocken bei, da die von den Geimpften stammenden Erreger bei Ungeimpften nicht gemilderte Variola hervorriefen.

Der teilweise günstige Effekt dieser künstlichen Einimpfungen gegenüber der natürlichen Ansteckung erklärt sich dadurch, daß die Krankheitserreger an der gewählten Impfstelle ungünstigere Wucherungsbedingungen finden als auf den für gewöhnlich betroffenen Schleimhäuten, und daß dem Körper besser Gelegenheit gegeben ist, sich durch Antikörper, Leukozytose usw. gegen die Krankheitserreger zu wehren.

Besseren Effekt der subkutanen Einimpfung virulenter Erreger hat man bei solchen Bakterien beobachtet, welche subkutan überhaupt nicht wuchern und von dort aus keine Allgemeininfektion des Körpers zuwege bringen, z. B. bei Cholerabazillen. Die Untersuchung des Blutserums nach subkutaner Einimpfung von Cholerabazillen zeigt, daß sich dasselbe ähnlich verhält wie das Serum von Menschen, welche die betreffende Krankheit überstanden haben. Da aber auch nach der Einimpfung vorsichtig abgetöteter

Kulturen jener Erreger die gleiche Wirkung beobachtet wurde, hat man in der Praxis gewöhnlich abgetötetes Material verwendet oder hat wenigstens eine solche Impfung der Verwendung von lebender Kultur vorausgehen lassen. Über diese Impfungen s. unten sub d).

c) Schutzimpfung mit künstlich abgeschwächten lebenden Krankheitserregern. Die oft bedenklichen Folgen der Einimpfung vollvirulenter Erreger, und andererseits die Beobachtung, daß auch eine Ansteckung durch schwach wirkende Erreger vollen Schutz gegen nochmalige Erkrankung verleihen kann, mußte zu dem Bestreben führen, womöglich abgeschwächte Erreger zu verwenden bzw. künstlich für die Zwecke der Schutzimpfung herzustellen. Eine solche Abschwächung wurde erzielt:

α) Von Pasteur durch begrenzte Einwirkung schädigender Mittel auf die virulenten Krankheitserreger; z. B. 15 Minuten dauernde Einwirkung von 52°, oder vierstündige Erwärmung auf 47°, oder sechstägige Erwärmung auf 43° usw.; oder durch längere Einwirkung dünner Lösungen von Kaliumbichromat, Karbolsäure usw.

Pasteurs erste Experimente betrafen die Hühnercholera. Zwei Vaccins, von denen der erste stärker, der zweite weniger abgeschwächt ist, werden den Hühnern in einem Zwischenraume von 12 bis 15 Tagen eingeimpft. Die Tiere akquirieren hierdurch eine lokale Affektion, nach deren Überstehen sie gegen die Impfung mit virulenten Erregern der Hühnercholera immun sind. — Fernere Präventivimpfungen betrafen den Rauschbrand des Rindviehs, den Milzbrand der Schafe und des Rindviehs, sowie den Schweinerotlauf. Das Verfahren bei diesen Seuchen ist dem vorgeschilderten ähnlich, gewöhnlich werden zwei Vaccins mit einer Pause von ca. 12 Tagen mittels Injektionsspritzen subkutan einverleibt.

Die praktischen Resultate sind bei manchen dieser Schutzimpfungen günstig, bei anderen weniger befriedigend, weil die Virulenz der Impfstoffe nicht gleichmäßig genug ist. Es kommt vor, daß die Tiere schon durch die Impfung schwer erkranken und sterben. Andererseits bewirken zu schwache Impfstoffe keinen genügenden Schutz. Ferner dauert der Impfschutz beschränkte Zeit, und die Impfung muß daher des öfteren wiederholt werden. — Über Pasteurs Schutzimpfung gegen Milzbrand und Hundswut s. im speziellen Teil.

β) Durch Züchtung der Krankheitserreger unter ungünstigen Lebensbedingungen; namentlich fortgesetzte künstliche Kultur auf totem Substrat, z. B. bei Rotz, Streptokokken, Pneumokokken usw. Dabei kommt entweder eine allmähliche Anpassung an das veränderte Nährsubstrat zustande und damit eine Abnahme der Virulenz, oder es findet eine Art Auslese der weniger virulenten, aber auf dem betreffenden Nährsubstrat besser gedeihenden Keime statt. Der Grad der Abschwächung ist auch hier unsicher.

Oder durch den Durchgang der für eine Spezies virulenten Krankheitserreger durch wenig empfängliche Tiere, wodurch eine viel ge-

sichertere Abstufung der Virulenz zu erreichen ist. Die Bazillen des Schweinerotlaufs töten z. B. Kaninchen nur ausnahmsweise und nach großen Dosen; nach einigen Passagen durch Kaninchen, bei denen die Erreger für diese virulenter werden, rufen sie beim Schwein nur leichte, aber immunisierende Erkrankung hervor. — Hierher gehört die Schutzimpfung bei Pocken durch den Pustelinhalt von Kuhpocken, ferner die von Koch und Schütz, sowie von Behring versuchte Immunisierung von Rindern gegen Tuberkulose durch vom Menschen stammende Tuberkelbazillen. Näheres s. im speziellen Teil.

d) Schutzimpfung durch abgetötete Krankheitserreger.

Die Art der Abtötung ist nicht gleichgültig; sie muß möglichst schonend sein, um die Antigene nicht zu zerstören. Einstündiges Erhitzen auf 60° oder Schütteln mit Chloroform haben sich am besten bewährt.

Die subkutane Einspritzung, die einmal oder wiederholt mit Zwischenraum von etwa 5 bis 10 Tagen vorgenommen wird, zieht örtliche Entzündungserscheinungen, Fieber, Abgeschlagenheit usw. nach sich. Angewendet z. B. gegen Typhus, Cholera, Pest. Genaueres s. im speziellen Teil.

e) Schutzimpfung durch Bakterienextrakte.

Die spezifisch wirksamen Antigene, lassen sich, wie bereits S. 504 ausgeführt ist, teilweise aus den Bakterienleibern der Kulturen extrahieren und eventuell von unwirksamen oder schädlichen Bestandteilen trennen.

Am einfachsten gelingt die Isolierung der Antigene bei den Bakterien, welche durch Ektotoxine wirken, die als leichtlösliche Stoffe in die Kultursubstrate übertreten; also bei Diphtherie-, Tetanusbazillen, Bac. botulinus. Injektion dieser Gifte führt bei geeigneten Tieren zu hochgradiger Immunität. Für den Menschen ist die aktive Immunisierung mit Toxinen nicht verwendbar, weil die Giftempfänglichkeit sehr verschieden und die Dosierung daher zu unsicher ist.

Um die aus der Leibessubstanz anderer Bakterien nicht so leicht extrahierbaren wirksamen Bestandteile zu erhalten, hat man die verschiedensten Verfahren in Anwendung gezogen. Vor allem kommt es darauf an, daß dabei die Antigene der Bakteriolysine, der Opsonine und der Antiendotoxine aufgeschlossen werden, und zur Wirkung gelangen. Um manche Endotoxine aus den Bakterienleibern zu gewinnen, ist Gefrierenlassen und Zerkleinern, Auspressen, Autolyse, event. in tierischen Exsudaten, usw. versucht worden. Besonders erwähnt sei die zuerst von Metschnikoff, dann von Roux, Nocard, Heymans u. a. verwendete Methode, vollvirulente Erreger in Säckchen aus Schilfhaut oder Kollodium in die zu immunisierenden Tiere einzuführen. Die so in

Berührung mit den tierischen Flüssigkeiten lebenden Parasiten sollen wirksamere Antigene bilden, als in künstlichen Kulturen; und die fortgesetzte Diffusion kleiner Mengen dieser Antigene soll besser immunisieren, als die zeitweise Einverleibung massiver Dosen. — Auch therapeutisch hat man abgetötete Bakterien oder Bakterienextrakte zu verwenden versucht, die während der Krankheit die Schutzkräfte des Körpers anregen und eine gewisse Immunität hervorrufen sollen (Steigerung des opsonischen Index nach Wright, s. S. 589). Am meisten geeignet für solche Versuche sind Infektionskrankheiten von protrahiertem Verlauf, wie Tuberkulose, Staphylomykosen, Typhus usw.

B. Passive Immunisierung und Verwendung von Serum hochimmunisierter Tiere.

Durch fortgesetzte Wiederholung in geeigneten Abständen und Steigerung der Antigendosen lassen sich unter Umständen solche Konzentrationen von spezifischen Antikörpern im Serum der Versuchstiere herstellen, daß eine kleine Menge des Serums, nicht mehr als in einer Injektion subkutan einem Menschen einverleibt werden kann, hinreicht, um eine etwaige Invasion der betreffenden Krankheitserreger unschädlich zu machen. Eine solche Serumübertragung ruft keinerlei Reaktion im geimpften Körper hervor; es bilden sich daraufhin keine neuen Schutzkörper; aber es entsteht relativ rasch, jedenfalls innerhalb 24 Stunden, eine Immunität, die allerdings gewöhnlich innerhalb einiger Wochen wieder verschwindet und in diesem wichtigen Punkte erheblich hinter der aktiven Immunisierung zurücksteht. — Derartige Sera lassen sich auch oft therapeutisch benutzen. Sie liefern ferner mehrfach wertvolle Hilfsmittel zur Diagnose der parasitären Erkrankungen.

Es sind zu unterscheiden 1. antitoxische Sera. Wirken ausschließlich durch Antitoxine, welche durch aktive Immunisierung geeigneter Tiere mit leichtlöslichen Ektotoxinen entstanden sind, Diphtherieantitoxin, Tetanusantitoxin, Botulismusantitoxin; ferner antitoxisches Ruhrserum (s. im speziellen Teil). Antitoxin gegen ein von Rauschbrandbazillen geliefertes Toxin (Grassberger und Schattenfroh) hat keine schützende Wirkung, vielleicht weil das Toxin beim natürlichen Krankheitsprozeß nicht genügend beteiligt ist. — Erwähnt sei hier das Pollantin (Dunbar), ein Antitoxin gegen das in den Pollen namentlich der Gramineen enthaltene, bei spezifisch disponierten Personen „Heufieber" hervorrufende Toxin. — Antitoxische Sera sind namentlich von Calmette auch gegen Schlangengift hergestellt, die prophylaktisch und kurz nach dem Biß gute Resultate zu geben scheinen. Da mit verschiedenen Giften (Neurotoxin namentlich bei den Kolubriden, z. B. bei der Kobraschlange, Hämorrhagien bei den

Viperiden) gerechnet werden muß, sind polyvalente Sera zweckmäßig. Gegen die in Kulturen schwerer diffundierenden oder nur nach besonderer Behandlung der Bakterienleiber löslich werdenden Endotoxine lassen sich im allgemeinen antitoxische Sera nur schwer herstellen Die S. 598 aufgezählten Verfahren führen hier und da, aber keineswegs gleichmäßig, zu einem Gehalt an Antiendotoxinen. Der antitoxische Effekt wird anscheinend nicht nur dadurch gesteigert, daß man die toxischen Antigene möglichst aufzuschließen versucht, sondern auch dadurch, daß man diese den Versuchstieren durch intravenöse Injektion einverleibt (Besredka).

2. Antiinfektiöse Sera. Enthalten hauptsächlich Bakteriolysine, hitzebeständige Opsonine (Antiaggressine), nebenbei Antiendotoxine, auch zuweilen Antiektotoxin und Agglutinine. Werden nur durch Vorbehandlung mit Antigenen erhalten, die nicht aus löslichen Kulturextrakten gewonnen sind, sondern zu denen die Leibessubstanz der Bakterien beigetragen hat. Zum Schluß der Vorbehandlung kann meist die Injektion lebender virulenter Erreger nicht entbehrt werden. — Über die Schwierigkeiten der Gewinnung hochwertiger Sera s. oben S. 585. — In Gebrauch Ruhr-, Pest-, Streptokokkenserum, ferner gegen Rinderpest, Schweineseuche, Schweinerotlauf usw. Eine Schutzwirkung tritt häufig nur unvollkommen zutage, und es bedarf großer Serummengen. Therapeutisch ist meist kein Resultat zu verzeichnen. Wo kräftigere Schutzwirkung, namentlich aber meßbare heilende Wirkung hervortritt, da handelt es sich anscheinend stets um ein Serum mit entsprechendem Gehalt an Antiendotoxinen.

3. Agglutinierende und präzipitierende Sera; mittels Injektion abgetöteter Bakterien (lebende pflegen hier keine besseren Resultate zu ergeben) bzw. präzipitogener Substanzen gewonnen. Nur zu diagnostischen Zwecken. Über die Anwendungsweise bei Cholera-, Typhus-, Pest-, Meningitisdiagnose s. im Anhang.

C. Kombinierte aktive und passive Immunisierung.

Es liegt nahe, die Vorteile bei den Immunisierungsmethoden zu vereinigen und ihre Nachteile erheblich zu verringern dadurch, daß man gleichzeitig durch (abgeschwächte) Krankheitserreger aktiv und durch Serum immuner oder spezifisch immunisierter Tiere passiv immunisiert. Das Serum bewirkt dann eventuell, daß der Schutz sofort eintritt und daß die infolge der aktiven Immunisierung auftretenden Reaktions(Krankheits)erscheinungen geringer werden; letztere gewährt dagegen eine erheblich längere Dauer des Impfschutzes. — Oder (nach

Besredka) man läßt spezifisches Immunserum auf die Parasiten einwirken, bevor man diese injiziert.

Eine solche kombinierte Methode ist für Pest empfohlen, aber praktisch noch nicht genügend geprüft. — Bewährt hat sie sich bei einigen Tierkrankheiten: bei Schweinerotlauf (gleichzeitige Einimpfung von wenig abgeschwächten Bazillen und „Susserin“); bei Rinderpest (durch Galle der gefallenen Tiere, welche Antikörper und abgeschwächte Erreger nebeneinander enthält, mit eventueller Nachimpfung mit Rinderpestblut; oder nach der „Simultanmethode“, virulentes Blut + Serum); neuerdings bei Milzbrand. Auch bei Maul- und Klauenseuche scheint ein Gemisch von wirksamer Lymphe aus den Blasen kranker Tiere mit Serum natürlich immuner oder immunisierter Rinder („Seraphtin“) Erfolg zu haben (Loeffler).

Trotz der großen Erfolge manchen neuerer Immunisierungsverfahren dürfen wir keineswegs hoffen, alle oder auch nur die meisten Infektionskrankheiten ausschließlich durch Schutzimpfungen zu bekämpfen. Allgemeine Schutzimpfungen sind z. B. nicht angebracht bei Krankheiten wie Erysipel, Gonorrhöe, Pneumonie, die nach dem Überstehen der Erkrankung leicht rezidivieren; ebensowenig bei Krankheiten wie Diphtherie, wo der Impfschutz, den das Überstehen der Erkrankung oder die Immunisierung hinterläßt, nur kurze Zeit dauert. Bei wieder anderen parasitären Krankheiten, wie z. B. bei Cholera und Abdominaltyphus, sind die zur Fernhaltung der Übertragung geeigneten prophylaktischen Maßregeln so einfach und unter vorgeschrittenen Kulturverhältnissen so leicht durchführbar, daß aus diesem Grunde ausgedehntere Schutzimpfungen hier ebenfalls nicht in Betracht kommen. — Wohl aber sind Schutzimpfungen zu einer Zeit, wo eine Epidemie grassiert, bei solchen Personen oder Gruppen von Personen anwendbar, welche der Ansteckung besonders exponiert sind. Tritt z. B. in kleineren Orten oder in Stadtteilen eine stärkere Häufung von Diphtheriefällen hervor, so kann es zweckmäßig sein, die Schulkinder in größerem Umfang zu immunisieren; ferner wird es angezeigt sein, in den Familien, wo ein Diphtheriefall vorkommt, die Angehörigen und namentlich die übrigen Kinder mit Schutzimpfung zu versehen. Auch beim Ausbruch von Pest ist mit Schutzimpfungen von Angehörigen, Ärzten, Krankenwärtern, Desinfekteuren usw. zu rechnen; ebenso bei Expeditionen in unzivilisierte Länder gegen Typhus, Cholera usw.

Für eine allgemeine, obligatorische Impfung eignen sich dagegen bis jetzt nur die Pocken. Gegenüber den Pocken versagen unsere sonstigen prophylaktischen Maßregeln so sehr und die Impfung ist so gefahrlos und von so sicherer und langanhaltender Wirkung, daß dieselbe hier unbedingt den besten und rationellsten Schutz repräsentiert.

IV. Die örtliche und zeitliche Disposition zu Infektionskrankheiten.

Bei näherer Betrachtung der im vorstehenden aufgezählten mannigfaltigen Infektionsquellen, Transportwege und Empfänglichkeitsgrade ergibt sich ohne weiteres, daß dieselben keineswegs bei jeder Ausbreitung einer Infektionskrankheit in gleicher Weise in Funktion treten können, sondern daß vielfache Variationen — der Art, daß bald diese bald jene Infektionsquellen eine große Rolle spielen, während andere fehlen; daß dieser Transportweg offen, jener verschlossen ist usw. — selbstverständlich sind. Demnach dürfen wir auch von vornherein keinerlei gleichmäßige Ausbreitung der Infektionskrankheiten erwarten, sondern müssen uns diese Ausbreitung als etwas so Wechselndes und so von kleinlichen Zufälligkeiten Abhängiges vorstellen, daß weder eine hartnäckige Lokalisation, noch ein scheinbar unvermittelter Sprung der Krankheit, noch eine Pandemie auf einen ganz neuen, außerhalb der stets beteiligten bekannten Faktoren gelegenen Einfluß hindeutet.

Wir begegnen aber ferner gewissen auffälligen Gesetzmäßigkeiten in der örtlichen und zeitlichen Verbreitung mancher Infektionskrankheiten. Die eine Stadt bzw. das eine Land zeigt sich regelmäßig stärker ergriffen als das andere; gewisse Zeitabschnitte gehen mit einer besonderen Häufung von Krankheiten zusammen, andere mit einer Verminderung. Diese gesetzmäßigen Differenzen haben seitens der „Lokalisten" zur Annahme einer lokalen und zeitlichen Disposition geführt; diese soll ihren Grund in besonderen, von der natürlichen Beschaffenheit der Örtlichkeit ausgehenden, zeitlich wechselnden Einflüssen auf die Krankheitserreger haben, so daß nicht mehr der Kranke und die von ihm ausgehenden Infektionsquellen, sondern eben jene Beschaffenheit der Örtlichkeit für die Ausbreitung der Krankheit ausschlaggebend wird.

Örtliche Differenzen der Art beobachtet man zwischen den verschiedenen Klimaten; oft aber auch innerhalb desselben Klimas und dann angeblich vorzugsweise als Folge einer verschiedenen Bodenbeschaffenheit. Zeitlich sich wiederholende Schwankungen sollen teils mit besonderen Witterungsverhältnissen, teils wiederum mit zeitlich wechselnden Bodenverhältnissen zusammengehen.

Es ist indes bereits in einem früheren Kapitel ausgeführt, daß Klima und Witterung nur bei wenigen Krankheiten einen unmittelbaren Einfluß ausüben; ebenso wurde früher gezeigt, daß auch die übrigen natürlichen Lebenssubstrate, insbesondere der Boden, nur aus-

nahmsweise geeignet sind, die Verbreitung der Infektionserreger zu beeinflussen. Jedenfalls werden wir daher diese Momente erst dann zu einer Erklärung örtlicher und zeitlicher Differenzen heranziehen dürfen, wenn einige andere bei dieser wechselnden Verteilung der Infektionskrankheiten sicher und zweifellos mitwirkende Faktoren zur Erklärung nicht ausreichen.

Nun ist es ganz zweifellos, daß die Verbreitung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die individuelle Empfänglichkeit sich außerordentlich verschieden gestalten, je nach den Verkehrsverhältnissen eines Ortes und Landes, nach den Sitten und Lebensgewohnheiten, nach der Beschäftigungsweise, der durchschnittlichen Wohlhabenheit, nach den Wohnungs- und Ernährungsverhältnissen, endlich nach dem Grad der Durchseuchung der Bevölkerung; alle diese Momente lassen ausgeprägte örtliche und zeitliche Differenzen im Auftreten der Infektionskrankheiten als selbstverständlich erscheinen.

So sind Handels- und Verkehrszentren den Infektionsquellen exponierter als abgelegene Orte. Eine in überfüllten Wohnungen und in Fabrikräumen in steter enger Berührung lebende, schlecht genährte Bevölkerung gewährt ungleich bessere Bedingungen für die Ausbreitung der Infektionsquellen, als eine zerstreut wohnende, vorzugsweise im Freien beschäftigte, wohlhabende Bevölkerung. An dem einen Orte können gute Einrichtungen zur Entfernung der Infektionsquellen (Wasserleitung, Kanalisation, Schlachthäuser) bestehen, während in anderen Städten oder Ländern eine Reinhaltung der Wohnung, Kleidung und Utensilien von Infektionserregern auf viel größere Schwierigkeiten stößt. Selbst scheinbar bedeutungslose Einrichtungen und Gewohnheiten sind oft von erheblichem Einfluß. Beispielsweise dient vielleicht in der einen Stadt ein vielseitig benutzter Fluß zur Aufnahme aller Abfallstoffe, gleichzeitig aber zum Reinigen der Wäsche. In wieder anderen Städten bewirken gewisse Gewerbe ein Zusammenströmen zahlreicher infektionsverdächtiger Wäschestücke und Lumpen u. dgl. mehr.

Ebenso unterliegen die Transportwege örtlichen und zeitlichen Schwankungen. An einem Orte ist eine geeignete Krankenpflege eingerichtet, die Bevölkerung ist zu Reinlichkeit erzogen, die Nahrung wird sorgfältig zubereitet und in gekochtem Zustand genossen, für tadelloses Wasser ist Sorge getragen. In anderen Ländern, Städten und Stadtteilen ist eine Isolierung des Kranken unmöglich; es existiert kein geschultes Pflegepersonal; an regelmäßige Reinigung der Hände und der Kleidung ist die Bevölkerung nicht gewöhnt; die Nahrung

wird oberflächlich zubereitet, verunreinigtes Wasser wird zum Trinken, zum Reinigen der Eß- und Trinkgeschirre usw. benutzt.

Auch die natürliche und die erworbene Disposition oder Immunität ist für die Verbreitungsweise der Infektionskrankheiten äußerst bedeutungsvoll. Oft zeigt eine ganze Bevölkerung eine durchschnittlich höhere Empfänglichkeit gegen vom Darm aus eindringende Infektionserreger, als die Bevölkerung einer anderen Stadt, weil schlechte Ernährung, Neigung zu Exzessen u. dgl. dort vorherrschen und die natürlichen Schutzvorrichtungen des Körpers schwächen. Das Erlöschen von Epidemien und ihr zeitweises Verschwinden ist nicht selten auf die Durchseuchung und die dadurch erzielte Immunität eines Teils der Bevölkerung zurückzuführen. Überspringt eine Epidemie einzelne Bezirke, so erklärt sich dies oft daraus, daß vor nicht langer Zeit an dieser Stelle ein Hauptherd derselben Seuche bestanden hatte und daß zur Zeit der neuen Invasion wenig empfängliche Individuen vorhanden waren. — Masern und Scharlach treten bei uns als Kinderkrankheiten auf, weil ihre verbreiteten Keime gewöhnlich schon in der Jugend akquiriert werden, dann aber eine lange dauernde Immunität hinterlassen. Das Auftreten dieser Krankheiten wird indessen ein völlig anderes, wenn sie etwa unter einer vorher noch nicht durchseuchten Bevölkerung Platz greifen; auch die Erwachsenen erliegen dann ebensowohl wie die Kinder (Masernepidemien auf abgelegenen Inseln).

Auch zeitliche Differenzen kommen in ähnlicher Weise zustande. Das Leben der Bevölkerung in der warmen Jahreszeit bietet durch den langen Aufenthalt im Freien, die Gelegenheit zum Baden, die Erleichterung der Reinigung von Wäsche und Wohnung weit weniger Chancen für die Ausbreitung gewisser Kontagien, als der Winter. Eine bestimmte Jahreszeit äußert vielleicht auf die Frequenz gewisser Krankheiten dadurch Einfluß, daß in dieser Zeit die Gruben und Tonnen geräumt und die Fäkalien, und mit diesen Infektionserreger, vielfach verbreitet werden. Auch die Ernte von Nahrungsmitteln, die in oberflächlichem, mit menschlichen Exkrementen gedüngtem Boden gewachsen sind, kann in demselben Sinne wirken. Ferner kommt die zeitlich sehr bedeutend wechselnde Menge der Insekten in Frage. Endlich veranlaßt die individuelle Disposition starke Differenzen der zeitlichen Verbreitung, und insbesondere liefern die in der warmen Jahreszeit grassierenden Verdauungsstörungen eine ausgesprochene Disposition für Typhus, Cholera und Ruhr.

Am wenigsten werden noch diejenigen Infektionskrankheiten, welche sehr kontagiös sind und stets über reichlichste Infektionsquellen und zahlreichste Transportwege verfügen, von diesen zeitlichen und örtlichen

Schwankungen betroffen werden, weil beim Fehlen der einen Infektionsgelegenheit immer noch andere Gelegenheiten zur Genüge vorhanden sind. Dennoch beobachtet man selbst bei den akuten Exanthemen ausgeprägte gesetzmäßige Schwankungen. S. 62 wurde bereits die jahreszeitliche Schwankung der Pocken betont und erklärt. Aber auch starke lokale Differenzen fehlen nicht. So sind, während in Europa im Laufe dieses Jahrhunderts stets Scharlachepidemien grassierten und während manche dieser Epidemien fast von Ort zu Ort zogen, einzelne Städte jahrzehntelang völlig verschont geblieben, obgleich sie zweifellos im Verkehr mit infizierten Orten gestanden hatten. In Münster hat eine solche scharlachfreie Zeit 50 Jahre lang gedauert; in Tuttlingen 35 Jahre, im Ulm 17 Jahre; auffällig lange Pausen sind in Lyon, ferner im ganzen Departement Indre-et-Loire beobachtet.

In weit stärkerem Grade müssen aber derartige zeitliche und örtliche Schwankungen hervortreten bei denjenigen Infektionskrankheiten, welche nicht so exquisit kontagiös sind, wie die akuten Exantheme, sondern bei welchen die Infektionsquellen, die Transportwege, die Invasionsstätten beschränkt sind und wo nur bei einem gewissen Zusammenwirken äußerer Umstände eine weitere Ausbreitung der Infektion resultiert.

Typhus, Cholera, Ruhr, Diphtherie, Pest, Genickstarre u. a. m. gehören zu diesen Krankheiten; und bei ihnen werden daher örtliche und zeitliche Schwankungen am häufigsten und am prägnantesten beobachtet, ohne daß deshalb von vornherein andere Momente zur Erklärung herangezogen werden müssen, als die früher aufgezählten Einflüsse des Verkehrs, der Lebensverhältnisse und der Disposition der Bevölkerung.

Auch für diese Infektionskrankheiten liegt somit zunächst kein Anlaß vor, die Ursache der örtlichen und zeitlichen Schwankungen in geheimnisvollen, am Boden haftenden Einflüssen auf das ektogene Leben der Krankheitserreger zu suchen. Vielmehr werden wir erst spezieller prüfen müssen, ob jene Einflüsse, welche die Ausbreitung vom Kranken aus tatsächlich in erster Linie bestimmen, nicht schon vollkommen hinreichen, um alle beobachteten örtlichen und zeitlichen Schwankungen zu erklären; oder ob noch ein nicht aufzuklärender Rest bleibt, der uns zwingt, andere lokale und zeitliche Einflüsse in Erwägung zu ziehen.

Sicher ist es, daß wir bis jetzt nur eine einzige menschliche Infektionskrankheit kennen, deren Auftreten wirklich an eine bestimmte Lokalität und an einen bestimmten Boden einigermaßen gebunden ist, nämlich die Malaria; aber nur deshalb, weil der Zwischenwirt

des Parasiten, Anopheles, ohne feuchten Boden nicht gedeihen kann. Halten wir Kranke mit Malariaparasiten von solchem Boden fern, oder verhindern wir die Regeneration von Anopheles, so vermag von dem „siechhaften“ Boden keine Malaria auszugehen.

Im Einzelfalle stößt der Nachweis derjenigen Momente, welche eine örtlich oder zeitlich verschiedene Ausbreitung der Infektion veranlaßt haben, oft auf Schwierigkeit; aber bei aufmerksamer Beobachtung der Sitten, Gebräuche usw. gelingt es doch zuweilen, eine exquisite lokale und zeitliche Disposition in bestimmtester Weise aufzuklären. So war z. B. in einem „unerklärlichen“ Fall von örtlich und zeitlich begrenztem Milzbrand die Disposition lediglich dadurch bedingt, daß nur zu einer bestimmten Jahreszeit, nämlich wenn der Futtervorrat auf die Neige ging, dem Futter Milzbrandsporen von dem infizierten Fußboden des Futterraums in einem bestimmten Stallgebäude beigemengt wurden, in welchem früher ein milzbrandiges Tier abgehäutet war. — Es ist zu hoffen, daß es der Detailforschung noch in zahlreichen weiteren Fällen gelingen wird, die oft versteckten und scheinbar geringfügigen Ursachen für ein eigentümliches örtliches und zeitliches Verhalten der Infektionskrankheiten genauer darzulegen.

Beispiele örtlicher und zeitlicher Disposition liefern uns auch manche größere Parasiten, die gewiß nicht zum Boden in irgendwelcher Beziehung stehen. So kommt die Trichinose beim Menschen in Nordamerika, in Frankreich, im Orient usw. so gut wie gar nicht, in Deutschland dagegen häufig vor; auch hier sind aber einzelne Gegenden besonders exponiert, andere fast frei. Noch stärkere lokale Differenzen zeigt die Verbreitung der Trichinose unter den Schweinen, die z. B. in der Provinz Hannover sehr selten, in der Provinz Posen sehr häufig erkranken. Ferner beobachtet man in vielen Gegenden, besonders in den ländlichen Distrikten, Epidemien von Trichinose wesentlich zum Anfang des Winters. — Diese örtliche und zeitliche Verteilung, die ohne die Entdeckung der Trichinen und ohne die Kenntnis ihres Lebensganges vielleicht auch die Trichinose zu einer Bodenkrankheit gestempelt haben würde, sind einfach in Lebensgewohnheiten der Bevölkerung begründet, die in diesem Falle klar vor Augen liegen. In den immunen Ländern herrscht eben das Verbot, Schweinefleisch zu essen, oder die Sitte, das Schweinefleisch nur in gut gekochtem Zustand zu genießen. In Posen ist es die Verwahrlosung der Schweineställe, die zur stärkeren Verbreitung der Trichinose führt; und zu Anfang des Winters veranlaßt die Gewohnheit der ländlichen und kleinstädtischen Bevölkerung, die gemästeten Schweine in dieser Jahreszeit zu schlachten und zu verzehren, die Häufung der Fälle.

Bekämpfung der örtlichen und zeitlichen Disposition. Da nach den vorstehenden Ausführungen die örtliche und zeitliche Disposition bei allen kontagiösen Krankheiten sich aus Differenzen in der Verbreitung der Infektionsquellen, in der Gangbarkeit der Transportwege und aus Unterschieden der individuellen Disposition zusammensetzt, so beseitigen die gegen diese drei einflußreichen Momente gerichteten Maßregeln auch zugleich die örtliche und zeitliche Disposition. Alle im vorstehenden aufgeführten, speziellen prophylaktischen Verfahren, im großen Maßstabe auf eine ganze Be-

völkerung angewendet, müssen daher zu einer Verminderung der an betreffenden Orten beobachteten Frequenz der Infektionskrankheiten den führen.

Die Mehrzahl dieser Maßnahmen erfordert von seiten der Kommunen eine fortgesetzte Arbeit und allmähliche Vorbereitung bereits in epidemiefreien Zeiten. Diejenigen Städte, welche zielbewußt diese Arbeiten durchgeführt haben, sind zum Teil in geradezu überraschendem Grade durch eine Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse und durch eine Verminderung der Infektionskrankheiten belohnt worden und liefern ein anregendes Beispiel für diejenigen Städte, welche die modernen hygienischen Einrichtungen bis jetzt noch verschmähen.

Seitens der „Lokalisten“ wird bei Typhus, Cholera, Gelbfieber usw. ausschließlich auf die Beseitigung der lokalen und zeitlichen Disposition im Sinne dieser Schule, d. h. auf eine Reinigung und Drainierung des Bodens, Wert gelegt. Die Beseitigung der kontagiösen Absonderungen, die Desinfektion usw. halten die Lokalisten für irrelevant und die dafür verausgabten Geldsummen für weggeworfen. Dagegen soll durch Kanalisation oder geregelte Abfuhr der Boden so weit von organischen Verunreinigungen befreit werden, daß er nicht mehr zur Entwicklung und Reifung der Krankheitserreger geeignet ist, oder es sollen die Feuchtigkeitsschwankungen des Bodens, die denselben zeitweise zu seiner wichtigen Funktion geeignet machen, durch Kanalisation oder Drainage beseitigt werden. — Es ist bereits mehrfach ausgeführt, daß diese Anschauungen mit unseren heutigen Kenntnissen über die Lebenseigenschaften der Krankheitserreger und mit unseren zweifellosen Erfahrungen über die Kontagiosität der in Rede stehenden Krankheiten durchaus im Widerspruch stehen. Es würde daher nicht zu verantworten sein, wollten wir im Vertrauen auf die Richtigkeit einer unbewiesenen und unwahrscheinlichen Hypothese jene gut begründeten und bewährten Maßnahmen gegen die Infektionskrankheiten unterlassen.

Literatur: 1. Lehr- und Handbücher der Bakteriologie: C. Flügge mit Kruse u. a.), Die Mikroorganismen, 3. Aufl. 1896. — Lehmann und Neumann, Grundriß der Bakteriologie, mit Atlas. 3. Aufl. — Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie, 5. Aufl. — C. Fränkel, Grundriß der Bakterienkunde. — Heim, Lehrbuch der Bakteriologie (bes. Methodik), 3. Aufl. 1906. — Lehrbücher der Protozoenkunde: Bütschli, Protozoen, 1882. — Balbiani, Leçons sur les sporozoaires, 1884. — v. Wasiliewski, Sporozoenkunde.

Speziell für pathogene Mikroorganismen (auch Protozoen): Kolle und Wassermann, Handbuch der pathogenen Mikroorganismen, 4 Bände und 2 Hefte Ergänzungsband, 1907. Unentbehrliches Nachschlagewerk, auf das auch bezüglich der Literatur zu den im speziellen Teil aufgeführten einzelnen parasitären Krankheiten verwiesen werden muß. — Kolle und Hetsch,

Die experimentelle Bakteriologie und die Infektionskrankheiten, Wien 1906. — Baumgarten, Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den pathog. Mikroorg., von 1885 an.

Epidemiologie: Hirsch, Handb. der histor.-geogr. Pathologie, 1881 ff. — v. Behring, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, hygienischer Teil 1894. — Bekämpfung s. Handbuch von Kolle und Wassermann. — M. Kirchner, die gesetzlichen Grundlagen der Seuchenbekämpfung, 1907.

Immunität: Metschnikoff, L'Immunité, 1901. — Ehrlich, Gesammelte Arbeiten zur Immunitätsforschung, 1904. — Müller, Vorlesungen über Infektion und Immunität, Jena 1904. — Dieudonné, Immunität usw., 4. Aufl. 1905. — Römer, die Ehrlichsche Seitenkettentheorie, 1904. — Zusammenfassende Referate von Sachs, Metschnikoff, Sauerbeck in Lubarsch und Ostertag, Ergebnisse usw., 1905, 1906 usw.

II. Spezieller Teil.

Verbreitungsweise und Bekämpfung der einzelnen parasitären Krankheiten.

A. Schimmelpilze als Erreger von Mykosen.

Die S. 485 ff. aufgeführten Schimmelpilze sind schon deshalb von jeder parasitären Existenz beim Warmblüter ausgeschlossen, weil sie bei einer Temperatur von 37° bereits verkümmern und absterben. Es gibt aber einige zum Teil weit verbreitete Arten, welche bei Körpertemperatur gut gedeihen, und unter diesen können einige (nicht etwa alle, so daß die Temperatur allein offenbar nicht ausschlaggebend ist) in der Tat im lebenden Warmblüter wuchern. Dahin gehören einige Mucorarten (M. corymbifer, ramosus usw.), Penicillium minimum, eine Verticilliumart (dem Penicillium ähnlich, aber reichlichere Äste, Sporen einzeln), namentlich aber Aspergillusarten (fumigatus, flavus, subfuscus usw.). Injiziert man Kaninchen Sporen solcher Mucor- oder Aspergillusarten in die Blutbahn, so gehen die Tiere bei ausreichender Dosis (kleine Mengen Sporen werden von Leukozyten umzingelt und dadurch am Auskeimen gehindert) zugrunde und zeigen wuchernde Mycelien namentlich in den Nieren, bei Aspergillussporen auch in Leber und Herz. — Auch eine natürliche Infektion bei Warmblütern kommt nicht selten vor, besonders bei Vögeln. Hauptsächlich erfolgt hier der Eintritt der Sporen durch Inhalation, und es entsteht eine ausgebreitete Bronchopneumomykose.

Beim Menschen kommen ebenfalls, wenn auch seltener, Ansiedlungen dieser Schimmelpilze vor. Ungefähr 50 Beobachtungen von

Bronchomykosen liegen vor, ein Fall von allgemeiner, vermutlich vom Darm ausgegangener, Mykose. Häufig sind Otomykosen durch Ansiedlung im äußeren Gehörgang; selten Keratomykosen auf der Kornea. Die hier gefundenen Pilze sind hauptsächlich die genannten Mucor- und Aspergillusarten.

Sporen der letzteren sind sehr verbreitet. Läßt man an beliebigem Orte sterile Kartoffelscheiben mit der freien Luft eine Zeitlang in Berührung und setzt dann die Kartoffeln in den auf 37° geheizten Brütofen, so erhält man fast ausnahmslos eine oder mehrere thermophile Schimmelpilzarten. Man könnte daraus eine große Gefahr für die Warmblüter ableiten. Diese besteht indes nicht, weil erst eine größere Zahl von Sporen dazu gehört, um Krankheitserscheinungen im Innern des Körpers auszulösen. Größere Mengen Sporen finden sich aber nur da, wo unter natürlichen Verhältnissen eine Wucherung der Pilze erfolgt; und diese ist geknüpft an ganz abnorm hohe Temperaturen, wie wir sie höchstens in oberflächlichem besonnten Boden, auf Dünger- und Miststätten finden. Von hier aus scheinen namentlich Vögel sich zu infizieren, und zuweilen werden von diesen Stellen aus auch ländliche Arbeiter einer Bronchopneumomykose ausgesetzt sein.

Ferner kommen beim Menschen (zum Teil auch bei Tieren) Dermatomykosen häufig vor, die durch mehrere untereinander verwandte, polymorphe, den Oïdienarten entfernt ähnliche Pilze bedingt sind. Sie bilden in den Kulturen Luftmycelien mit Ektosporen und Versporung des Mycels (Oïdienbildung, s. S. 484). — Man unterscheidet als parasitäre Erkrankungen, die von Mensch zu Mensch (eventuell von Tier zu Mensch) übertragen werden, 1. Favus, gelbe Schüsselchen und Pilzborken um die Haare der Kopfhaut bildend. Mikroskopisch Mycelhaufen und doppelt konturierte ovale oder rechteckige Sporen, am Rande glänzende Fäden mit keuligen Anschwellungen. Unterschieden werden nach dem Aussehen auf Agarkulturen zwei Typen, der Wachstypus und Flaumtypus. 2. Mikrosporie, am Kopfhaar von Kindern. 3. Trichophytie, an Kopf, Bart, Nägeln, auf behaarter Haut in Form des Herpes tonsurans. — Daneben sind häufig saprophytische, durch verbreitete Pilze hervorgerufene Dermatomykosen, welche nur oberflächlich auf den äußersten Epidermisschichten sich ausbreiten und für deren Entstehung wesentlich die Disposition entscheidend ist, nämlich: Pityriasis versicolor, Erythrasma. — Eine exakte Differenzierung aller dieser polymorphen Pilze stößt auf große Schwierigkeiten.

B. Streptothricheen.

Von den Streptothricheen im engeren Sinne interessiert hauptsächlich der Actinomyces oder Strahlenpilz.

Bewirkt beim Menschen die verschiedenartigsten Abszesse und Eiterungen und wird besonders häufig beim Rindvieh als Ursache von

Abszessen in Zunge und Kiefer beobachtet. Im Eiter derartiger Abszesse findet man gelbe Körnchen, die auf leichten Druck in einzelne Pilzrasen zerfallen. Letztere bestehen aus hyphenähnlichen, gablig verzweigten Fäden, die von einem Zentrum radiär ausstrahlen und nach der Peripherie zu in keulenartige Anschwellungen auslaufen. Innerhalb des Fadengeflechts finden sich kokkenähnliche Körnchen, welche Sporen zu sein scheinen. Die Kolben sind als Degenerationsformen anzusehen. Färbung eventuell nach Gram. — Zuweilen findet man solche Actinomycesdrüsen in den Krypten der Tonsillen, ohne daß Krankheitserscheinungen sich daran knüpfen.

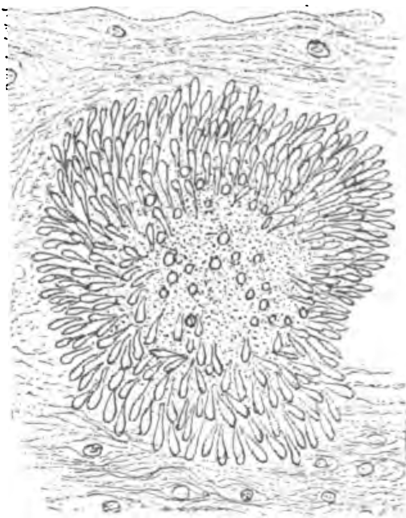


Fig. 151. Actinomyces. 700:1.

Der Pilz scheint auf Zerealien zu wuchern und zuweilen mit Getreidegrannen in den Körper einzudringen. Als Eintrittspforten betrachtet man vorzugsweise Verletzungen der Mundschleimhaut und kariöse Zähne; ferner die Lunge, wesentlich nach Aspiration von Keimen aus der Mundhöhle; in selteneren Fällen den Darm oder Verletzungen der Haut.

Kulturen gelingen zuweilen auf den verschiedensten Substraten, auf Agar, Blutserum, Kartoffeln (Boström); häufiger sind die Kulturversuche erfolglos. Impfversuche an Tieren hatten noch kein unzweifelhaftes Ergebnis.

Bemerkenswert ist, daß Kulturen von Tuberkelbazillen, von den diesen verwandten säurefesten Bakterien und von Rotzbazillen nach gewisser Einverleibung in Tiere, z. B. Injektion in die Niere, Bildungen liefern, die dem Strahlenpilz gleichen.

Streptothrix Israeli (anaërobe Abart des Actinomyces). Aus einigen Fällen von Aktinomykose beim Menschen isoliert. Wächst nur anaërob auf Agar, in Eiern usw. Zeigt in den Kulturen vorzugsweise Stäbchen, die den Diphtheriebazillen ähnlich sind. Durch intraperitoneale Übertragung der Kulturen konnten bei Kaninchen und Meerschweinchen Tumoren mit Actinomycesdrusen hervorgerufen werden. — Ferner ist unter den pathogenen Streptothricheen zu erwähnen: Streptothrix Madurae, Erreger des sog. „Madurafußes", einer in Vorderindien verbreiteten Fußgeschwulst.

C. Sproßpilze als Parasiten.

1. Erreger von Soor, Schwämmchen. Weiße Plaques an der Innenseite der Wangen, Zungenspitze und weichem Gaumen; sekundär in Nase, Mittelohr usw. Häufig bei Säuglingen; ferner bei Greisen, Geschwächten. Bei künstlich genährten Säuglingen nicht selten tödlicher Verlauf. Nicht übertragbar auf die gesunde menschliche Schleimhaut; auf tierische Schleimhaut (Kropf von Tauben) erst nach Schwächung (Hungern und Dursten) der Tiere.

Als Erreger kommen zwei Varietäten eines Pilzes in Betracht; die erste, häufigere, bildet Mycelfäden und Sprossungen (s. Fig. 152); in den Sproßzellen endogene Sporen, bei dieser Varietät relativ groß. Bierwürze-Gelatine wird verflüssigt. In einfachen Nährstoffen (Glyzerin, Natriumlaktat usw.) und bei Sauerstoffzutritt vorwiegend Hefewachstum, auf zucker-, dextrinhaltigen Nährsubstraten und bei Sauerstoffmangel mehr Fadenbildung. — Die zweite Varietät bildet kleine Sporen, verflüssigt die Gelatine nicht (Fischer und Brebeck). — Bei Kaninchen läßt sich durch intravenöse Injektion tödliche Soormykose erzeugen. Durch entsprechende Vorbehandlung können die Tiere aktiv immunisiert werden; im Blut spezifisches Agglutinin.



Fig. 152. Soorkultur. 250:1.

2. Erreger von Granulomen. 1894 hat Busse aus einem Knochenabszeß eine Sproßpilzart gezüchtet, welche bei Mäusen und Ratten myxomartige Verdickungen im Fettgewebe, sowie Herde in Lunge, Niere usw. hervorrief. Mikroskopisch zeigten sich die Sproßpilze im Gewebe von dicken Kapseln umgeben.

Später sind, namentlich von Sanfelice, weitere tierpathogene Sproßpilze gefunden, darunter Saccharom. lithogenes (mit häufigen Verkalkungen im Gewebe), Saccharom. neoformans u. a. m. Mit diesen Hefen wurden Tumoren erzeugt, welche von einigen als maligne Sarkome oder Karzinome gedeutet wurden. Tatsächlich handelt es sich aber stets nicht um derartige Geschwülste, sondern um Wucherungen der Blastomyceten mit entzündlicher Proliferation des Gewebes, also um chronische Granulome.

D. Spaltpilze als Parasiten.

Im folgenden ist zunächst die Verbreitungsweise und Bekämpfung der durch Kokken verursachten Krankheiten besprochen, dann der durch Bazillen, drittens der durch Spirillen bedingten Erkrankungen. — In

jeder Einzelbeschreibung sind — soweit nicht Abweichungen angezeigt erschienen — zuvörderst die morphologischen und biologischen Eigenschaften des Erregers geschildert, dann der Verlauf des Tier- oder Menschenexperiments; darauf die natürliche Verbreitungsweise, abgeleitet teils aus den Fundorten der Erreger, teils aus epidemiologischen Beobachtungen; schließlich die Bekämpfung der Infektionsquellen, der Infektionswege und der individuellen Disposition.

1. Staphylococcus pyogenes.

Der häufigste Eitererreger, wird in mehr als 50 Prozent aller eiternden Wunden, Abszesse usw. gefunden. Fast regelmäßig als einzige Bakterienart in Aknepusteln, Furunkeln, Panaritien, Phlegmonen; ferner bei Ekzemen; bei Osteomyelitis; in vielen Fällen von Sepsis und Pyämie (Puerperalfieber). In Mischinfektionen oft neben Tuberkelbazillen, Actinomyces, Diphtheriebazillen.

Im mikroskopischen Präparat findet man kleine, unter 1 μ messende, in regellosen Haufen (Trauben, daher Staphylococcus) liegende Kokken; grampositiv. — Wächst leicht auf Gelatineplatten; bei 60facher Vergrößerung junge tiefe Kolonien rund oder oval, scharfrandig, feinkörnig, dunkelgelb bis braun. Oberflächliche Kolonien verflüssigen die Gelatine, bewirken Einziehungen und Löcher mit steilen Rändern. Auf Kartoffeln üppiger Belag; in Milch reichliches Wachstum unter Gerinnung (starke Säurebildung).



Fig. 153. Staphylococcus pyogenes. Kulturpräparat. 800:1.

Auf Kulturflächen, welche der Luft ausgesetzt sind, bilden die pyogenen Staphylokokken oft Farbstoffe (mit Alkohol, Äther usw. extrahierbar). Aus Eiterungen wächst meist der St. pyog. aureus mit goldgelber Farbe; selten der St. pyog. citreus mit zitrongelber Farbe; häufig treten als Begleiter pigmentfreie Kolonien des St. pyog. albus auf. Letzterer wird besonders häufig von normaler Haut und Schleimhaut erhalten; selbst in tieferen Hautschichten ist er vorhanden. Wasser, Luft, Staub liefern gleichfalls öfter weiß, selten farbig wachsende Staphylokokken. Diese dürfen nicht ohne weiteres als den pyogenen Stämmen gleichwertig angesehen werden (s. unten).

Für kutane Übertragung der Kulturen sind Versuchstiere ungeeignet. Bei intraperitonealer Einverleibung (Kaninchen) entsteht eiterige Peritonitis, bei intravenöser Injektion selbst kleiner Dosen Kokkenherde in Nieren und Herzmuskel, Tod meist durch embolische Nephritis. Werden nach intravenöser Injektion schwacher Dosen Knochen der Tiere gebrochen oder gequetscht, so entsteht Osteomyelitis. —

Beim Menschen führen Einreibungen auf die normale Haut zu Aknepusteln, Furunkeln und Phlegmone.

Die Effekte im Tierkörper sind zum großen Teil Folge der Toxine, welche der Pilz produziert. Diese bestehen 1. in einem Hämolysin, das die Erythrozyten energisch auflöst. In vitro nachweisbar, am besten mit filtrierter Bouillonkultur, die 10—14 Tage alt ist. 2. Leukolysin; die Leukozyten erleiden blasige Degeneration und Kernschwund. Ebenfalls in vitro demonstrabel. 3. Nekrotisierende Gifte, welche Gewebszellen, namentlich in der Niere (Nephrotoxin) und im Unterhautbindegewebe zerstören. 4. Die schwach toxischen aber stark Leukozyten anlockenden Bestandteile der Bakterienleiber, die namentlich beim Absterben frei werden. 5. Chronisch wirkende Toxine welche Marasmus der Tiere und oft amyloide Degeneration verursachen.

Der mit diesen Giften ausgerüstete Erreger verursacht zunächst heftige Entzündung; dann tritt gegenüber den angelockten Leukozyten das Leukolysin, gegenüber den Gewebszellen nekrotisierendes Gift in Funktion. Unter Umständen erfolgt Einbruch in die Blutbahn, Festsetzen und Wuchern der Staphylokokken in gewissen Gefäßbezirken, bis ein verstopfender Thrombus entsteht; in dessen Umgebung wieder Einschmelzung des Gewebes und Abszeßbildung; von einem Thrombus aus oft Verschleppungen in andere Gefäße.

Die Widerstandsfähigkeit des Staphylokokkus ist sehr erheblich, jedoch bei verschiedenen Stämmen außerordentlich schwankend. Es gibt solche, welche zweistündiges Erhitzen auf 70°, 5 Prozent Karbolsäure 13 Minuten, 1 Promille Sublimat 30 Minuten und länger ohne Schaden aushalten; relativ empfindlich sind sie gegen 50—60 prozentigen Alkohol. Meistens tritt bei fortgesetzter künstlicher Kultur Virulenzverlust ein.

Natürliche Verbreitungsweise. Fundorte für die Staphylokokken sind außer den oben aufgezählten krankhaften Veränderungen die normale Haut, die Schleimhäute, namentlich der Nase und des Mundes, die Kleider, Wohnungsstaub usw. Wie oben hervorgehoben, begegnet man an diesen saprophytischen Fundorten allerdings vorzugsweise der weißen Varietät; aber es kommen auch pigmentierte Kolonien zur Beobachtung und andererseits ist der Staph. albus häufig in Eiterungen usw. gefunden.

Bisher hat man daraufhin sich die Vorstellung gebildet, daß die Infektion einer Wunde mit pyogenen Stapylokokken unter natürlichen Verhältnissen kaum zu vermeiden ist; diese sind ubiquitär, sitzen in der Haut, werden aufs leichteste durch die Finger von Nase oder Mund aus auf eine Wunde übertragen. Auch Furunkel u. dgl. entstehen durch

mechanisches Einreiben der in der Haut schon vorhandenen Staphylokokken. Bei manchen Menschen kommt offenbar eine gesteigerte Disposition zu Hilfe (Diabetiker). Der an Staphylokokken Erkrankte tritt demgegenüber für die Ausbreitung der Kokken ganz in den Hintergrund.

Neuere Untersuchungen (Kolle und Otto, Schottmüller u. a.) haben indes ergeben, daß zwischen den Staphylokokken aus menschlichen Eiterherden und solchen, die von normaler Haut oder Schleimhaut usw. stammen, durchgreifende Unterschiede bestehen. Nur erstere liefern Hämolysin und Leukolysin; sie werden außerdem durch Serum, das mittels Vorbehandlung von Tieren mit den von erkrankten Menschen stammenden Staphylokokken gewonnen ist, in stärkerer Verdünnung agglutiniert, die Kokken saprophytischer Provenienz dagegen nur durch Serum, das aus solchen saprophytischen Kokken hervorgegangen ist.

Danach würde der staphylokokkenkranke Mensch weit mehr, als man bisher annahm, das Zentrum für die Verbreitung darstellen. — Es entspricht dies freilich kaum unseren alltäglichen Erfahrungen über die Entstehung der Staphylomykosen, und es wird Aufgabe weiterer Untersuchungen sein müssen, ob nicht vielleicht die saprophytischen Staphylokokken imstande sind, sich an geeigneten Stellen des menschlichen Körpers Hämolysinbildung und Agglutinierbarkeit leicht anzueignen.

Die Bekämpfungsweise wird von der Entscheidung dieser Frage durchaus abhängig sein. Sind wirklich nur krankhafte Exkrete zur Verbreitung geeignet, so würde größere Vorsicht gegenüber diesen, desinfektorisches Vorgehen usw. am Platze sein. Dagegen wird man bei ubiquitärer Verbreitung von solchen Maßregeln wenig erwarten können.

Viele neuere Versuche betreffen die Immunisierung und Serumtherapie bei Staphylomykosen. — Aktive Immunisierung gelingt bei Kaninchen durch Infektion erst abgetöteter, dann abgeschwächter, schließlich event. lebender Staphylokokken; Mißerfolge sind häufig. Es bilden sich Agglutinin und Bakteriolysin; vor allem aber sind die Phagozyten besser befähigt, die Staphylokokken aufzunehmen und aufzulösen (Opsoninbildung). — Beim Menschen hat Wright in Fällen chronischer Furunkulose abgetötete Kokken injiziert mit günstigem Erfolg, d. h. mit Ansteigen des opsonischen Index.

Das von aktiv immunisierten Tieren gewonnene Immunserum kann ziemlich hohen Agglutinationstiter (1 : 1200) zeigen, aber geringe bakteriolytische Kraft; auch Komplementzugabe hilft nichts. Trotzdem hat es für Tiere schützende Wirkung (darf aber erst 3 Wochen nach der letzten Immunisierung benutzt werden, sonst enthält es noch zu viel Toxine). Die Schutzwirkung beruht vermutlich auf dem Opsonin-

gehalt und der Begünstigung der Phagozytose. Injiziert man einem 24 Stunden vorher mit Immunserum behandelten Tier Staphylokokken intraperitoneal, so sind nach 30 bis 60 Minuten alle Kokken anfangs in große mononukleäre, später in kleine polynukleäre Leukozyten aufgenommen, während im Kontrolltier die meisten Staphylokokken noch frei sind. — Beim Menschen sind befriedigende Resultate noch nicht erzielt. Vielleicht bietet vor nicht aseptischen Operationen (am Darm usw.) ein Mobilmachen von Leukozyten durch Nukleïnsäure und daneben Injektion von Immunserum Aussicht auf Erfolg.

Ein Hinweis auf verborgene chronische Staphylokokkenherde kann dadurch gegeben werden, daß das Blut des Kranken Antihämolysin enthalten muß, wenn Herde vorhanden sind. Bei Zusatz solchen Blutes wird daher Hemmung der durch Staphylokokkenkultur im Reagenzglas eintretenden Hämolyse zu beobachten sein.

2. Streptococcus pathogenes.

Ebenfalls häufig im Wundeiter; ferner fast regelmäßig auf den normalen menschlichen Schleimhäuten, auf der Rachenschleimhaut bei 80 % der Untersuchten. Wird außerdem als Krankheitserreger angesehen bei Lymphangitis, Erysipel, Puerperalfieber und anderen septischen Erkrankungen; bei nicht diphtherischer Angina (zweifelhaft, weil normale Rachenschleimhaut den gleichen Befund ergibt), Endokarditis, Otitis, Meningitis; bei gewissen Darmkatarrhen der Säuglinge in den Dejekten und in der entzündeten Darmschleimhaut. Vielfach erzeugt er Mischinfektionen, so bei Diphtherie, Phthise, Gelenkrheumatismus, Pocken, Scharlach usw. und verursacht hier oft schwere, nicht selten tödliche Komplikationen.

Diplokokken und Ketten von mehr als sechs Gliedern. Die einzelnen Kokken oft abgeplattet; manchmal schlecht färbbar, länglich (Involutionsformen). Zuweilen Kapselbildung. Grampositiv. — Wachstum in Kulturen viel schwächer als beim Staphylokokkus; am besten bei über 30° liegender Temperatur und auf deutlich alkalischem Substrat, dem Traubenzucker und Aszitesflüssigkeit oder Menschenserum (Plazentarblut) zugesetzt ist. Zarte Kolonien, bei 60facher Vergrößerung grob granuliert; Strichkulturen nicht konfluierend. — Wachstum in Bouillon in Form eines Bodensatzes von langen Ketten.



Fig. 154. Streptococcus pathogenes longus. Kulturpräparat. 800:1.

In Kulturen rasch absterbend. Bei fortgesetzter Kultur meist Virulenzabnahme, dagegen üppigeres Wachstum. — Im übrigen ziemlich widerstandsfähig, namentlich in einhüllenden Sekretschichten; ver-

trägt dann auch Austrocknen gut. Resistenz der einzelnen Stämme sehr verschieden.

Noch schwankender ist die Virulenz. Alle größeren Tiere sind refraktär. Manche Stämme sind gegen Mäuse und Kaninchen stark tiervirulent und können durch fortgesetzte Passage durch Tiere der gleichen Art immer virulenter werden. Ein milliontel Kubikzentimeter einer solchen Kulturbouillon kann noch akute Sepsis hervorrufen (Aronson). — Lösliche Toxine und Endotoxine finden sich in den Kulturen nur in geringer Menge; jedoch ist im Tierkörper die Toxinbildung wahrscheinlich erheblicher. Hämolysin ist in den Kulturen nachweisbar, weniger als bei den Staphylokokken.

Die Verschiedenheit der Erkrankungen, die der Pilz hervorruft, hat früher zu der Annahme geführt, daß eine Reihe von verschiedenen, durch Kulturmerkmale und andere biologische Eigenschaften differenzierte Arten oder Varietäten von Streptokokken bestehen, von denen die eine diese, die andere jene Erkrankung veranlaßt. Es hat sich aber herausgestellt, daß alle Differenzen nicht konstant genug sind, um solche distinkte Varietäten aufrecht zu erhalten. Bei einzelnen Stämmen hat man eine Neigung zur Bildung zusammengeballter Flocken in Bouillon dauernd beobachtet (Str. conglomeratus); andere Stämme sollen Neigung zeigen zu besonderen Lokalisationen im Körper (in den Gelenken die bei Gelenkrheumatismus gezüchteten Kokken), auch durch Hämolysinbildung und Agglutinierbarkeit sollen differente Stämme unterschieden werden können (s. unten). Aber alle diese Merkmale sind für die Dauer nicht konstant genug. — Außerdem geht die Virulenz gegenüber Tieren keineswegs parallel der Virulenz gegenüber Menschen; der gleiche Stamm hat sogar auf verschiedene Menschen ganz ungleiche Wirkung. Ob daher im Einzelfall Erysipel, oder Angina, oder Sepsis durch Streptokokken hervorgerufen wird, das hängt nicht von der Tier- oder Menschenvirulenz der Kokken, sondern einmal von der Eingangspforte der Erreger, dann von der Virulenz der Kokken gegenüber dem befallenen Individuum und von der Empfänglichkeit des letzteren für den einzelnen Streptokokkenstamm ab.

Unsere Vorstellungen über die Verbreitungsweise der Streptokokken müssen, wie bei den Staphylokokken, ganz davon abhängen, ob die saprophytisch auf den normalen Schleimhäuten lebenden, ubiquitär verbreiteten Streptokokken ebenfalls zur Krankheitserregung befähigt sind (wenigstens dann, wenn die Sekrete abnorm geworden sind, z. B. das Vaginalsekret alkalisch statt sauer), oder ob diese Eigenschaft ausschließlich bezw. in höherem Grade den aus menschlichen Krankheitsherden stammenden Kokken zukommt. Unter den saprophytisch wuchernden Streptokokken findet man oft solche, die nur kurze Ketten bilden (Str. brevis), die Gelatine verflüssigen, gramnegativ und höchstens für Tiere

pathogen sind. Diese lassen sich wohl als eine besondere Art abzweigen. Aber sehr oft begegnet man auch saprophytischen langen Streptokokken, die in allen wesentlichen Eigenschaften mit den aus Krankheitsherden gezüchteten übereinstimmen. Auch hier haben einige Beobachter auf Differenzen in der Hämolysinbildung und in der Agglutinierbarkeit eine Scheidung der saprophytischen und pathogenen Streptokokken zu gründen versucht. Die Untersuchungen haben aber noch nicht zu einem entscheidenden Resultat geführt.

Die Bekämpfung wird, insbesondere dann, wenn die ubiquitäre Verbreitung der Erreger sich herausstellen sollte, vorzugsweise auf Immunisierung und Serumtherapie gerichtet sein müssen. Aktive Immunisierung läßt sich bei Kaninchen, Ziegen, Eseln, Pferden durch Injektion wiederholter steigender Dosen vom Bodensatz von Bouillonkulturen erreichen. Das erzielte Immunserum hat deutliche Schutzwirkung bei Tieren derselben Art und gegen die homologen Bakterien, d. h. den Stamm, mit welchem die Tiere aktiv immunisiert sind. Auch Heilung kann noch 24 Stunden nach der Infektion mit der 100fachen Immunisierungsdosis erreicht werden. — Das Immunserum hat agglutinierende Eigenschaften.

Im ganzen läßt sich die Agglutination bei Streptokokken nicht gut beobachten, weil die Ketten leicht spontan zusammenkleben. Ausnahmsweise hat man hochgradige Agglutination (bis 1:4000) gegenüber homologen Stämmen beobachtet, gegenüber anderen nur 1:4 bis 1:200. Die aus Scharlachangina, Scharlachblut usw. gezüchteten Streptokokken sollen von einem mit diesen hergestellten Serum viel höher agglutiniert werden als andere Stämme; ähnlich sollen sich die bei Gelenkrheumatismus aus den Tonsillen gezüchteten Streptokokken verhalten. Damit ist nicht erwiesen, daß die betreffenden Streptokokken als spezifische Erreger bei jenen Krankheiten fungieren, sondern nur daß es sich um homologe Stämme handelt, die bei dem gleichen Krankheitsprozeß erleichterte Bedingungen zur Mitinfektion finden. Ausnahmen sind daher häufig.

Bakteriolysine sind in dem Immunserum nicht enthalten; wohl aber Opsonine und Bakteriotropine, welche die Phagozytose erleichtern. — Im Ganzen sind nicht ungünstige therapeutische Erfahrungen mit dem Immunserum gemacht; vielleicht kommt hierbei auch ein Gehalt an Antiendotoxinen in Frage. Notwendig ist aber polyvalentes Serum, d. h. ein aus verschiedenen Stämmen (nicht etwa aus verschiedenen Streptokokkenaffektionen) gemischtes Serum, das der Mannigfaltigkeit im Bau des Rezeptorenapparats bei den Streptokokken entspricht. Marmorek, Denys, Aronson haben vorzugsweise tiervirulente Stämme zur Herstellung des Serums benutzt (obwohl die Tiervirulenz nicht maßgebend ist für die Menschenvirulenz); Tavel, Moser (Scharlachserum), Menzer (Gelenkrheumatismusserum) menschenvirulente Stämme. Bei letzteren Seris entsteht die neue Schwierigkeit, daß ihr Titer nicht an Tieren geprüft werden kann. Ruppel hat daher bei der Vorbehandlung tiervirulente Stämme zugefügt, um dadurch

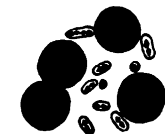
wenigstens gewisse Anhaltspunkte für die Prüfung zu gewinnen. Bei puerperalen, noch nicht zu vorgeschrittenen Prozessen scheinen wenigstens die noch nicht ergriffenen Organe vor dem Übergreifen der Infektion geschützt zu werden. Weitere Erfahrungen sind abzuwarten.

3. Diplococcus lanceolatus (Pneumokokkus, Lanzettkokkus).

Bei kruppöser Pneumonie fast regelmäßig im rostfarbenen Sputum und auf Schnitten der erkrankten Organteile. Häufig auch bei Lobulärpneumonien, meist mit Strepto- und Staphylokokken gemischt. Sekundäre Ansiedlungen rufen Pleuritis, Meningitis, Endokarditis, Otitis media usw. hervor. Einwanderung erfolgt offenbar von der Mund- und Rachenhöhle aus, wo man dem Diplokokkus bei gesunden Menschen häufig (etwa bei $^1/_8$ der Untersuchten) begegnet. Von da aus kann auch ohne Pneumonie an den verschiedensten Stellen Entzündung, z. B. Otitis, Endo- oder Perikarditis usw. hervorgerufen werden. Bei Verletzungen der Kornea veranlassen die Lanzettkokken häufig das Ulcus corneae serpens.

Pneumonie wird gelegentlich durch andere Bakterieninvasionen bewirkt; so durch Streptokokken, Influenza-, Pestbazillen. Zuweilen treten allein oder neben den Pneumokokken dicke Bazillen in den Vordergrund, die von Friedländer als Erreger der Pneumonie ausgesprochen wurden, und die im Präparat Kapseln erkennen lassen, üppig in Form eines dicken schleimigen Belags auf künstlichem Nährsubstrat wachsen und den Ozaena- sowie den Rhinosklerombazillen nahe stehen.

Die Pneumokokken haben Ei- oder Lanzettform (s. Fig. 155); sie sind nach Gram färbbar; in Präparaten aus dem erkrankten Menschen oder Tier, namentlich da, wo frische Krankheitsherde vorliegen, zeigen sie deutliche Kapseln, die ungefärbt oder schwach gefärbt die kräftig gefärbten Kokkenpaare umgeben. In künstlichen Kulturen gedeihen sie schwer; am besten bei 35—37° auf Agar, Blutagar oder Blutserum. Sie bilden hier einen tautropfenähnlichen, nicht konfluierenden Belag. Im Kulturpräparat zeigen sie außer Diplokokkenform Ketten von höchstens 6 Gliedern; man kann daher den Dipl. pneum. auch als Streptococcus brevis bezeichnen. — Die Kulturen sterben rasch ab, schon durch Austrocknen; in schleim- und eiweißhaltiger Hülle halten sich die Kokken aber erheblich länger. Überimpft man die Kulturen häufig, so kann man sie zwar am Leben erhalten, aber sie verlieren dann rasch ihre Virulenz.


Fig. 155. Diplococcus Pneumoniae. (Fränkel). Mäuseblut 800:1.

Will man die Kokken lebend und virulent erhalten, so muß man fortgesetzt auf empfängliche Tiere übertragen. Die meisten Tiere sind wenig empfänglich, in hohem Grade aber Mäuse und Kaninchen. Oft

schon nach subkutaner Einimpfung kleiner Dosen, sicher nach Injektion in die Blutbahn, entsteht bei diesen Tieren starke Vermehrung der Kokken im Blute, Septikämie, die rasch zum Tode führt, oft mit entzündlichen Prozessen in den verschiedensten Organen, Pleuritis, Endokarditis usw.

Bei der geringen Haltbarkeit der Kokken können wir nicht annehmen, daß sie aus der toten Umgebung des Menschen diesen befallen. Vielmehr wuchern sie auf normalen menschlichen Schleimhäuten als Epiphyten, gelangen von da vermutlich öfter in Bronchien und andere erkrankungsfähige Organteile, werden aber für gewöhnlich durch die Schutzkräfte des Körpers, insbesondere die Phagozytose, in Schranken gehalten. Erst wenn z. B. durch Katarrhe u. dgl. eine besondere Disposition des Organs hergestellt ist, bringen es die Kokken zur Ansiedlung und Wucherung.

Die Bekämpfung muß daher auch bei diesen Affektionen vorzugsweise auf Immunisierung und Serumtherapie hinausgehen. — Aktive Immunisierung bei Menschen erfolgt bis zu einem gewissen Grade durch das Überstehen einer Pneumonie; jedoch ist der Schutz unsicher und von wechselnder Dauer. Mit dem Serum von Rekonvaleszenten sind bei Tieren Schutzwirkungen erreicht; angeblich soll dasselbe auch beim erkrankten Menschen zuweilen therapeutischen Erfolg gehabt haben. — Bei Tieren läßt sich durch Vorbehandlung zunächst mit abgetöteten Kulturen oder Kulturextrakten, schließlich mit hochvirulenten Kulturen aktive Immunisierung bewirken. Das Serum solcher Tiere zeigt kein deutliches Antitoxin, auch wenig bakterizide Stoffe, dagegen Opsonine, die die Phagozytose erleichtern. Tiere lassen sich durch solches Serum schützen; bei Menschen scheint die Wirkung sehr unsicher zu sein. Auch bei Ulcus corneae serpens sind die Heilerfolge zweifelhaft; dagegen ist die Schutzwirkung des Serums (sogleich nach der Akquirierung von Verletzungen der Kornea, oder vor einer solchen, indem die den Verletzungen exponierten ländlichen Arbeiter prophylaktisch geimpft werden) anerkannt (Römer). Das Serum muß wegen der Variabilität des Rezeptorenapparats womöglich ein polyvalentes sein, ähnlich wie beim Streptokokkenserum.

Die pyogenen Staphylokokken, Streptokokken und Lanzettkokken sind beim Menschen die häufigste Ursache von Eiterung, Septikämie und Pyämie. Eiterung kann im Experiment und ausnahmsweise auch beim Kranken ohne lebende Bakterien, z. B. durch frei gewordene Toxine, bewirkt werden; in der Regel kommen aber nur lebende Erreger, außer den genannten Kokken gelegentlich auch andere Bakterien, z. B. Bac. coli, Micr. tetragenus usw. in Betracht.

Zu arger Verwirrung der ätiologischen Begriffe hat die Bezeichnung „Blutvergiftung“ für die mit hohem Fieber einhergehenden Allgemeinerkrankungen geführt, die sich oft an kleine und unscheinbare Verletzungen der Haut oder an Schleimhautwunden anschließen. Hier ist niemals das Eindringen eines Giftes von außen in den Körper beteiligt, wie z. B. giftige Farbe, Leichengift, Phosphor, Dinte usw., sondern diese Krankheitserscheinungen sind stets auf die Ansiedlung und Wucherung von lebenden Mikroorganismen zurückzuführen. Entweder können auf einer größeren Schleimhautwunde Bakterien sich ansiedeln, welche zwar nicht in das Blut des Wirts eindringen bezw. sich dort nicht vermehren können, welche aber lösliche Toxine liefern und durch deren Überführung in den Körper diesen schädigen (Toxämie). Oder es erfolgt von kleinsten Läsionen z. B. des Rachens, der Tonsillen aus, oder auch innerhalb einer Lymphdrüse, die vergeblich versucht hat, die Erreger aufzuhalten und zu vernichten, ein Einbruch von virulenten Bakterien in die Blutbahn; diese vermehren sich dann im Blute und durchwuchern die Gefäße eines einzelnen Organs oder des ganzen Körpers in kurzer Zeit (Sepsis, Septikämie, hervorgerufen durch Streptokokken, Lanzettkokken, Pest-, Typhus-, Colibazillen u. a. m.). Findet bei der Vermehrung der Bakterien im Blut vorwiegend Bildung von Thromben und Metastasen statt (Staphylokokken), so bezeichnet man die resultierende Krankheit auch wohl mit einem besonderen Namen als Pyämie.

Schließen sich diese Erkrankungen an eine äußere Verletzung an, so sind die Erreger häufig auf der Haut schon vorhanden, ehe die Verletzung erfolgt; oder die Erreger können, unabhängig von der Verletzung, erst nachträglich durch Berührung mit dem Finger, mit Speichel, Verbandzeug u. dgl. in die Wunde gelangen.

---

4. Micrococcus Gonorrhoeae (Gonokokkus).

Regelmäßig im gonorrhoischen Sekret. Diplokokken von Kaffeebohnenform. Der Teilungsspalt nicht von geraden, sondern etwas ausgebuchteten Linien begrenzt. Nach Gram nicht färbbar. Liegen bei frischer Erkrankung in Haufen auf den Epithelien, in protrahierten Fällen fast nur extrazellulär, während der akuten Krankheitsperiode hauptsächlich in den polynukleären Leukozyten. Das gramnegative Verhalten unterscheidet den Gonokokkus von ähnlichen Kokken, die in der normalen Harnröhre vorkommen, aber grampositiv sind. — In künstlicher Kultur ziemlich schwierig zu züchten. Wächst nur bei 35—37° auf Serumagar, der mit menschlichem Serum oder mit Schweineserum und Nutrose, oder mit Aszitesflüssigkeit bereitet ist. Häufige Überimpfung erforderlich. Resistenz, auch gegen Austrocknen, sehr gering.

Versuchstiere sind sämtlich für die Infektion unempfänglich; höchstens lassen sich gewisse Wirkungen (Infiltrationen und Nekrosen) durch die hitzebeständigen Endotoxine der Kokken erzielen. Beim Menschen auf verschiedenen Schleimhäuten wachstumsfähig, namentlich in der Urethra, auf der Konjunktiva und im Rektum. Verbreitung durch den Blutstrom und Metastasenbildung (Endokarditis) wird beobachtet. — Übertragung der Krankheit fast nur durch direkte Berührung, vorzugsweise durch den Coïtus. Zuweilen durch Handtücher, Wäsche, Schwämme, Badewasser (Epidemien in Kinderspitälern). Keine Immunität durch Überstehen der Krankheit; es kann sogar während einer chronischen Gonorrhoe eine neue akute erworben werden. — Gegen die Blennorrhoea neonatorum wird eine Prophylaxis durchgeführt, indem die Hebammen angewiesen sind, in allen irgendwie verdächtigen Fällen unmittelbar nach der Geburt einige Tropfen Höllensteinlösung in den Konjunktivalsack der Neugeborenen einzuträufeln. — Bestimmungen des Preuß. Seuchengesetzes wie bei Syphilis (s. dort).



Fig. 156. Mikrokokkus der Gonorrhoe. 800:1 (nach Bumm). a = frei liegende Kokken. b = Kokken in Eiterzellen. c = Epithelzelle mit Kokken.

5. Micrococcus intracellularis meningitidis (Meningokokkus).

Meningitis kann durch syphilitische und tuberkulöse Prozesse (Basilarmeningitis) entstehen, ferner durch Streptokokken und — relativ häufig — durch Lanzettkokken. Letztere Erkrankungen zeigen auch zuweilen eine Häufung, ohne daß indes eine wirkliche Epidemie sich entwickelt. Tritt Meningitis in stärkerer Verbreitung auf, so handelt es sich vielmehr fast immer um den Meningokokkus als Krankheitserreger.

Ausgedehntere Epidemien sind 1854—1875 in Europa beobachtet; dann 1885 in der Rheinprovinz, in den folgenden Jahren namentlich in den Vereinigten Staaten; 1904—1905 kamen in dem Industriegebiet Oberschlesiens etwa 3000 Erkrankungen mit fast 2000 Todesfällen, 1906—1907 in den Reg.-Bez. Düsseldorf, Arnsberg usw. zahlreiche Erkrankungen vor. Die Epidemien beginnen meist im zweiten Teil des Winters und erreichen im Frühling und Frühsommer ihren Höhepunkt; doch kommt auch häufig ein abweichender jahreszeitlicher Verlauf vor. Vorwiegend wird die ärmere Bevölkerung befallen, und von dieser namentlich Kinder.

Als bemerkenswerte Krankheitserscheinungen seien genannt: Rachenröte; hohes Fieber, heftiger bohrender Kopfschmerz, Genickstarre (Opisthotonus mit Steifheit der Nackenmuskeln), Erbrechen. Häufig Seh- und Gehörsstörungen.

Die Krankheit verläuft meist tödlich, zuweilen in wenigen Stunden; nach der Genesung hinterbleibt oft Erblindung oder Taubheit.

Die Erreger sind semmelförmige Doppelkokken, den Gonokokken sehr ähnlich; stets gramnegativ. Meist in Leukozyten eingelagert. — Züchtung gelingt nur bei 37° auf besonderen Nährböden, am besten auf Aszitesagar. Die Kolonien auf solchen Platten sind zart, schleierartig; bei 60facher Vergrößerung erscheinen die tiefliegenden Kolonien gelbbraun, oval und ganz grob granuliert, die oberflächlichen strukturlos, mit sehr feiner Granulierung; ältere Kolonien zeigen kristallinische Auflagerungen. Ein mikroskopisches Abstrichpräparat zeigt die Kokken in gleichmäßig lückenloser Schicht, aber innerhalb dieser zahlreiche Verschiedenheiten der Einzelkokken in Bezug auf Größe und Färbbarkeit. Eine sichere Unterscheidung der Kultur gelingt nur durch agglutinierendes Serum von mit Meningokokken vorbehandelten Tieren. Solches Serum agglutiniert Meningokokkenstämme nach 24 Stunden im Brütofen in einer Verdünnung von 1 : 50 bis 1 : 200 und mehr; während Kulturen morphologisch ähnlicher Kokken (Micr. catarrhalis) höchstens in einer Verdünnung von 1 : 10 bis 1 : 20 agglutiniert werden. — Die Kulturen sterben leicht ab und müssen oft frisch übertragen werden. Die Resistenz des Kokkus ist überhaupt eine sehr geringe; Austrocknen, schwaches Erhitzen, desinfizierende Lösungen usw. töten ihn rasch ab.

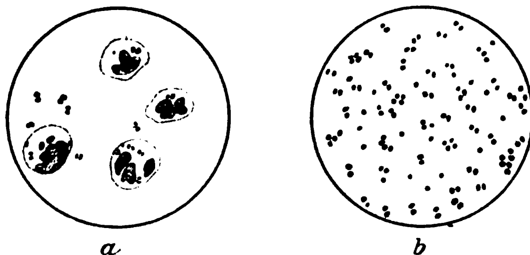


Fig. 157. Meningococcus.
a) in Lumbalpunktionsflüssigkeit. b) Reinkultur. 600 : 1.

Übertragung auf Versuchstiere ist nicht gelungen. Höchstens tritt eine Wirkung der Endotoxine zutage; nach längerer Behandlung mit steigenden Dosen gehen die Tiere oft marastisch zugrunde. Angeblich geglückte Übertragungen auf Ziegen usw. sind nicht mit Meningokokken, sondern mit grampositiven Kokken ausgeführt.

Die Erreger finden sich im Eiter der Meningen. Bei der Sektion findet man im subarachnoidalen Raum des Gehirns und des Rückenmarks seröses, mit Eiterflocken durchmischtes Exsudat. Hier liefern manche, aber keineswegs alle Präparate, reichliche intrazelluläre, gramnegative Kokken. Indes ist die Untersuchung des Leichenmaterials unsicher. Wird die Sektion nicht kurz nach dem Tode ausgeführt, so sind die Meningokokken bereits zugrunde gegangen; und kurz vor dem Tode kommt es oft zur Einwanderung ähnlicher, schwer unterscheidbarer Kokken.

Am einfachsten gelingt der Nachweis mit Lumbalflüssigkeit, die dem Kranken intra vitam durch QUINCKEsche Lumbalpunktion entnommen ist (Einstich mittels Troikarts im 3. oder 4. Zwischenwirbelraum, in der Mittellinie oder etwas nach außen von dieser, zwischen zwei Dornfortsätzen; Kontrolle durch Manometer, daß der Überdruck nicht zu stark absinkt!). In den eitrigen Flocken dieser Flüssigkeit findet man oft reichliche gramnegative Meningokokken, zum großen Teil in die Leukozyten eingelagert; ein solcher mikroskopischer Befund sichert für sich allein die Diagnose. Sind die Kokken spärlich oder nur extrazellulär vorhanden, so ist Kultur anzulegen und diese durch Agglutination zu differenzieren.

Aber nicht in jedem Erkrankungsfall bedarf es der Lumbalflüssigkeit zur Diagnose. In den ersten Krankheitstagen findet man die Meningokokken fast stets auch im Rachenschleim. Vom fünften Krankheitstage ab pflegen sie hier zu verschwinden. Ihr Sitz ist stets an der oberen hinteren Rachenwand; zur Entnahme bedarf es daher einer rechtwinklig aufwärts gebogenen, am Ende mit einem Wattebausch versehenen Sonde. Ferner muß die Untersuchung der Probe sofort erfolgen; ein Transport von wenigen Stunden bringt schon die Kokken zum Absterben. Das mikroskopische Präparat ist in diesem Falle niemals beweisend; nur Kultur mit Agglutinationsprobe kann gegen Verwechslung mit anderen, im Rachen stets vorhandenen ähnlichen Kokken schützen.

Ferner kann auch an einer Blutprobe des Kranken durch die höhere Meningokokken agglutinierende Fähigkeit des Serums die Diagnose gestellt werden (Technik siehe im Anhang). Jedoch bildet sich der höhere Agglutinationstiter des Blutes relativ spät aus, meist erst in der Rekonvaleszenz.

Verbreitungsweise der Krankheit. Da die Untersuchungen über den Meningokokkus ergeben haben, daß derselbe sehr wenig resistent ist, durch Austrocknen und jeden Aufenthalt in der toten Umgebung rasch zugrunde geht, kann seine Verbreitung nur direkt von Mensch zu Mensch erfolgen. Beim Kranken ist aber die einzige mit außen kommunizierende Ansiedlungsstätte der Rachen; und an dieser Stelle verschwinden die Kokken relativ früh. Wichtiger für die Verbreitung der Seuche ist offenbar der Befund, daß im Rachen zahlreicher (bis zu 70 Proz.) gesunder Menschen aus der näheren Umgebung des Kranken Meningokokken in reichlicher Menge und während einer Zeit von etwa drei Wochen vorkommen. Diese „Kokkenträger“ zeigen entweder gar keine Krankheitserscheinungen oder nur die Symptome einer Pharyngitis. Zu Zeiten und in Gegenden, wo Genickstarreerkrankungen fehlen, sind auch

bei Massenuntersuchungen von Gesunden keine Meningokokken im Rachen gefunden. Unter den „Trägern“ verbreiten sich die Kokken anscheinend durch direkte Berührungen, oder durch beim Husten und Sprechen verspritzte Sekrettröpfchen, gemeinsames Eß- und Trinkgeschirr, Taschen- und Handtücher. Diese Kokkenträger sind durch ihre große Zahl und durch ihren freien Verkehr viel mehr geeignet, die Krankheit zu verbreiten als die Kranken. Durch sie erfolgt gewöhnlich die Einschleppung an einen neuen Ort, und ebenso die Ausbreitung innerhalb der Ortschaft. Aus der großen Zahl der infizierten Träger erkranken stets nur wenige disponierte Individuen an Genickstarre; anscheinend namentlich Kinder von sogen. lymphatischer Konstitution. — Auch die epidemiologischen Erhebungen stehen mit dieser hervorragenden Rolle der Kokkenträger im Einklang. Der Kranke tritt als Zentrum für die Ausbreitung ganz zurück; Übertragungen vom Kranken aus auf Ärzte, Pflegerpersonal oder an anderen Krankheiten Leidende sind fast nie beobachtet. Auch in stark bewohnten Häusern und in kinderreichen Familien bleibt es gewöhnlich bei einer vereinzelten Erkrankung; ausnahmsweise gehäufte Fälle erklären sich aus einer zufällig vorhandenen ausgebreiteteren Disposition.

Für die Bekämpfung der Krankheit ist daher die Isolierung des Kranken ziemlich belanglos; von Desinfektion ist wenig zu erwarten, weil die Erreger sowieso schon in der äußeren Umgebung nicht haltbar sind. Trotzdem wird man, da die Ausstreuung von Erregern durch den Kranken immerhin möglich ist, für Absperrung Sorge tragen; und die Aufnahme ins Krankenhaus wird schon wegen der sachgemäßeren Pflege zu empfehlen sein. Hauptsächlich müssen aber die Kokkenträger berücksichtigt werden, zu denen jeder gerechnet werden muß, der mit dem Kranken vor dessen Erkrankung oder mit anderen mutmaßlichen Kokkenträgern in nahem persönlichen Verkehr gestanden hat. Da Gurgelungen, Pinselungen usw. gegenüber den Kokken der Träger bisher ohne allen Erfolg gewesen sind, bleibt nur übrig, daß die Kokkenträger durch geeignete Merkblätter zur Vorsicht im Verkehr mit anderen Menschen angehalten werden, und daß die übrige Bevölkerung auf die Gefahr, die von den Trägern ausgeht, hingewiesen wird. Schulkinder, die im Verdacht stehen, Kokkenträger zu sein, sollten drei Wochen vom Schulbesuch ferngehalten werden.

Eine Berücksichtigung der Disposition in dem Sinne, daß Kinder mit geschwollenen Lymphdrüsen, hypertrophischer Rachentonsille usw. durch geeignete Behandlung von ihrer Disposition befreit werden, erscheint kaum in größerem Maßstabe durchführbar. — Über Immunisierung von Tieren konnten mangels einer Empfänglichkeit gegenüber den Meningokokken Erfahrungen nicht gesammelt werden. Wie oben er-

wähnt, ist zu Agglutinationszwecken durch Vorbehandlung mit abgetöteten und lebenden Kulturen ein Serum hergestellt. Dies Serum soll auch lytische Ambozeptoren bezw. Opsonine, und bei Benutzung toxischer Stämme auch Antitoxine enthalten, namentlich wenn Autolysate der Bakterienleiber zur Vorbehandlung benutzt wurden, und mit solchem Serum sollen gewisse therapeutische Erfolge erzielt sein (JOCHMANN, WASSERMANN und KOLLE, KRAUS).

Das Preußische Seuchengesetz vom 28. August 1905 bezw. die zu diesem Gesetz erlassenen Ausführungsbestimmungen enthalten bezüglich der Anzeigepflicht bei Genickstarre nichts Besonderes. Beim Ermittelungsverfahren soll womöglich eine bakteriologische Untersuchung des Schleims aus dem Nasenrachenraum, des Blutes und des Liquor cerebrospinalis des Erkrankten veranlaßt werden. Die Schutzmaßregeln sind die S. 537 aufgeführten; speziell hervorgehoben ist, daß den Personen der Umgebung des Kranken angeraten werden soll, den Schleim aus dem Nasenrachenraum wiederholt bakteriologisch untersuchen zu lassen. Bei positivem Resultat sollen sie aufgefordert werden, sich in ärztliche Behandlung zu begeben, sowie ihre Wäsche und Gebrauchsgegenstände sorgfältig reinigen und desinfizieren zu lassen. Ferner sollen die Zöglinge von Pensionaten usw., in denen die Krankheit aufgetreten ist, täglich mehrmals Rachen und Nase mit einem desinfizierenden Mundwasser ausspülen. Bei der Desinfektion sollen besonders der Nasen- und Rachenschleim, sowie die Gurgelwässer des Kranken berücksichtigt werden. — Einzelne dieser Maßregeln bedürfen noch weiterer Prüfung; die Rachenschleimuntersuchung ist bisher meist erfolglos; wirksame desinfizierende Ausspülungen sind nicht bekannt.

6. Micrococcus catarrhalis, dem vorigen sehr ähnlich, auch oft in Leukozyten liegend, meist etwas größer; entschieden gramnegativ. Üppigeres Wachstum auf zucker- oder serumhaltigen Nährböden, als das der Meningokokken. Häufig im Sekret der Luftwege, bei Bronchitis usw. — Nicht tierpathogen.

7. Micrococcus tetragenus. Bildet Tafeln von zwei oder vier Kokken, die von einer nicht färbbaren Kapsel umschlossen sind. Grampositiv. Wächst leicht in milchweißen Auflagerungen auf Gelatine usw. Erzeugt Eiterung, bei weißen Hausmäusen (und bei Meerschweinchen) tödliche Sepsis, graue Hausmäuse und Feldmäuse sind immun. Im Sputum des Menschen (Kaverneninhalt) häufig.

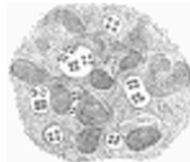


Fig. 158. Micrococcus tetragenus, Milzausstrich. 500:1.

8. Micrococcus Melitensis (Maltafieberkokkus). Erreger des in den Mittelmeerländern und in Indien und China verbreiteten Maltafiebers, das durch mehrfach rezidivierende Fieberperioden von 1 bis 2 Wochen Dauer, durch allmähliche Anämie und Erschöpfung, heftige Neuralgien und Fehlen von Darmsymptomen gekennzeichnet ist. Bei der Sektion finden sich im Blut, namentlich in Milz und Leber, sehr kleine elliptische, unbewegliche, gramnegative Kokken, die in künstlicher Kultur nur spärlich wachsen. Durch die Kulturen lassen sich bei Affen ähnliche Krankheitserscheinungen auslösen. Mehrfach sind im Laboratorium Übertragungen auf Menschen erfolgt. Die Invasion scheint sich von den Schleimhäuten oder von kleinsten Hautverletzungen aus zu vollziehen. — Durch Vorbehandlung von Tieren wird ein Serum

gewonnen, dem angeblich therapeutische Erfolge zukommen. Außerdem enthält dasselbe spezifische Agglutinine und kann zur Verifizierung der Kulturen benutzt werden. Intra vitam ist bakteriologische Diagnostik möglich durch reichliche Blutaussaat auf Agarplatten oder durch Prüfung des Blutserums auf agglutinierende Fähigkeit (mindestens 1:500).

9. Bacillus anthracis (Milzbrandbazillus).

Findet sich bei den an Milzbrand erkrankten Menschen in dem Exkret des Karbunkels bezw. im Sputum oder in den Dejekten; bei an Milzbrand gefallenen Tieren im Blut namentlich der inneren Organe.

Stäbchen von 5 bis 20 μ und 1 bis 1,25 μ Breite; ohne Eigenbewegung. Grampositiv. Wo Fäden vorliegen, bestehen Lücken zwischen den einzelnen die Fäden zusammensetzenden Bazillen, und die Enden der Bazillen erscheinen oft leicht verdickt (wie Bambusstäbe). Bei Präparaten aus dem Tierkörper lassen sich meist mittels einfacher Färbung ungefärbte Kapseln darstellen.

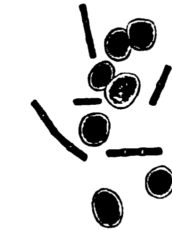


Fig. 159. Milzbrandbazillen. Mäuseblut (nach KOCH). 700:1.



Fig. 160. Milzbrandbazillen. Meerschweinchenblut (nach KOCH). 650:1.

Im lebenden Tierkörper und im uneröffneten Kadaver erfolgt nur fortgesetzte Vermehrung durch Teilung und höchstens Bildung von Scheinfäden. Nach Eröffnung eines Kadavers (Abziehen der Felle) kann an den Stellen, zu welchen der Luftsauerstoff Zutritt hat, und bei einer zwischen 16 und 42° liegenden Temperatur (am besten bei 25 bis 30°), unter den gleichen Bedingungen auch in künstlichen Kulturen, Sporenbildung eintreten.

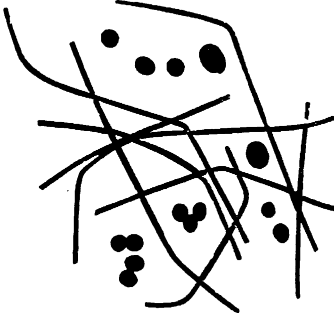


Fig. 161. Milzbrandfäden, drei Stunden alte Kultur von Meerschweinchenblut in humor aqueus (nach KOCH). 650:1.

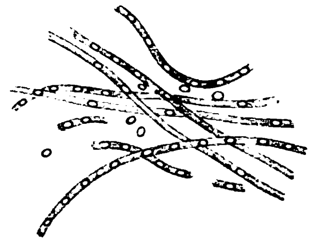


Fig. 162. Milzbrandfäden mit Sporen. 24stündige Kultur (nach KOCH). 800:1.

Die Bazillen wachsen zunächst zu Fäden aus und in diesen bilden sich in perlschnurartiger Reihe glänzende Sporen (Figg. 161, 162), in

jedem Bazillus eine Spore. Schließlich zerfällt der Faden, die Sporen werden frei und können unter günstigen Bedingungen wieder von neuem zu Bazillen auskeimen. — Unter gewissen Verhältnissen, z. B. geringem Karbolzusatz zum Nährsubstrat, bilden sich asporogene Rassen aus. — Die Sporen zeigen erheblich größere Resistenz als die Bazillen, ertragen Dampf von 100° bis zu 15 Minuten; jedoch variieren sie hierin stark und es gibt Sporen, die nur 2 Minuten Siedehitze vertragen.

Die Bazillen wachsen leicht auf Nährgelatine; sie bilden auf Platten nach 24 bis 48 Stunden kleine weiße Pünktchen, welche sich bei 80facher Vergrößerung als ein unregelmäßig konturiertes Knäuel aus gewellten Fadensträngen darstellen. Erreicht die Kolonie die Oberfläche, so treten die einzelnen lockigen Fadenstränge am Rande deutlicher hervor (Fig. 163) und wuchern auf weite Strecken über die Gelatine hin. Gleichzeitig tritt in der Umgebung der Kolonie langsame Verflüssigung ein. Dies mikroskopische Bild der Milzbrandkolonie ist so charakteristisch, daß dasselbe für die Diagnose verwertet werden kann. — Auf Kartoffeln wachsen die Bazillen in Form einer weißlichen Auflagerung; in Bouillon entstehen wolkige Massen am Boden des Gefäßes. — In Kulturen tritt meist Abnahme der Virulenz ein.



Fig. 163. Milzbrandkolonie. 60:1. Bei *a* der Rest der tiefliegenden Kolonie, *b* oberflächliche Ausbreitungen.

Impft man Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen die minimalsten Mengen einer Kultur in eine Hautwunde, so sterben dieselben nach 22 bezw. 40 bezw. 48 Stunden an Milzbrandsepsis. Nach dem Tode des Tieres findet man alle Kapillaren der Leber, Milz, Nieren, Lunge usw. wie austapeziert mit enormen Mengen von Milzbrandbazillen, so daß jedes Ausstrichpräparat, namentlich aus der Milz, schon mit Rücksicht auf die Masse gleichartiger Bazillen die Diagnose auf Milzbrand gestattet.

Auch auf größere Tiere, Rinder, Schafe, Pferde, Schweine, läßt sich Milzbrand leicht übertragen; Hunde, Vögel, gewisse Rassen von Hammeln sind immun. — Unter den genannten landwirtschaftlichen Nutztieren kommt es nicht selten zu ausgebreiteten Epizootien; gelegentlich auch unter Hirschen, Rehen und Hasen. Der Milzbrand verläuft bei den Tieren meist tödlich unter den Erscheinungen allgemeiner Sepsis. Die Aufnahme der Erreger erfolgt entweder von Verletzungen der Haut aus (Stechfliegen, Wunden an den Extremitäten), oder häufiger vom Darm aus. Da die Erreger mit dem Kot (auch mit dem Harn infolge kleiner Hämorrhagien in der Niere) in Menge ausgeschieden werden und auf den Weideplätzen leicht Sporen bilden können, gelangen sie in widerstandsfähiger Form auf Futterkräuter, durch welche die Weidetiere sich infizieren. Durch Überschwemmungen kann sich die Krankheit von verseuchten Weideplätzen aus auf tiefer

gelegene verbreiten. Auch von Verscharrungsplätzen für die Kadaver, wo eine Verunreinigung der Bodenoberfläche mit infektiösem Material und nachträgliche Sporenbildung leicht eintreten kann, sowie durch Überschwemmungswasser von Flüssen, an denen Gerbereien liegen, kann Verseuchung von Weideplätzen erfolgen.

Beim Menschen kommt die Infektion von der Haut, oder von der Lunge, oder vom Darm aus zustande. An Hautmilzbrand erkranken namentlich Viehknechte, Fleischer, Abdecker, Gerber; ferner Pinsel- und Bürstenmacher, Tapezierer usw., welche mit Haaren von milzbrandigen Tieren zu tun haben. Die Infektion erfolgt an Stellen, wo sich kleine Verletzungen finden, oft durch Kratzen mit infizierten Fingern (z. B. am Kopf). In diesen Fällen entstehen zunächst Milzbrandkarbunkel. — Viel seltener ist Lungenmilzbrand infolge von Einatmung von Milzbrandsporen; er ist hier und da bei Lumpensortierern, Roßhaararbeitern beobachtet. Noch seltener kommt Darmmilzbrand durch Verzehren rohen infizierten Fleisches vor.

Die bakteriologische Diagnose kann selten aus dem mikroskopischen Präparat gestellt werden, da häufig saprophytische Bazillen von ähnlicher Form vorkommen. Sicherer ist es, mit Gewebssaft möglichst aus der Tiefe des Karbunkels (eventuell mit dem Sputum oder den blutigen Dejekten) Mäuse zu impfen, und außerdem — da die Mäuse auch an malignem Ödem zugrunde gehen und dann ein dem Milzbrand bis zu einem gewissen Grade ähnliches Bild aufweisen können — aërobe Kulturen, am besten Gelatineplatten, anzulegen.

Prophylaxe. Epizootien sind dadurch zu verhüten, daß die Anzeigepflicht, die für milzbrandverdächtige Erkrankungen besteht, streng gehandhabt wird. Milzbrandkadaver müssen mit allen Vorsichtsmaßregeln der Abdeckerei überwiesen (s. S. 242) oder 3 m tief (in dieser Tiefe ist die Temperatur so niedrig, daß Sporenbildung nicht mehr eintreten kann) verscharrt werden; die Bodenoberfläche an dem Verscharrungsplatz muß reichlich mit Kalkmilch begossen werden. Verseuchte Weideplätze sind zu meiden; Überflutungen mit verdächtigem Wasser (s. oben) tunlichst zu verhüten. — Um Milzbrandinfektion von Menschen zu hindern, müssen Fleischer, Abdecker usw. kleinste Verletzungen der Hände beachten und eventuell behandeln lassen. Gerber müssen gegenüber den sogenannten Wildhäuten (aus dem Ausland importierten Häuten) besonders vorsichtig sein. Importierte Tierhaare sollen vor der Eröffnung der Ballen einer Dampfdesinfektion unterzogen werden, die aber vielfach entweder nicht tief genug eindringt oder die Ware unbrauchbar macht.

Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung

ist bei landwirtschaftlichen Nutztieren von TOUSSAINT und namentlich von PASTEUR nach dem S. 596 beschriebenen Verfahren durchgeführt. Der Impfverlust durch individuell zu virulenten Impfstoff beträgt etwa 1 Promille; die Dauer des Schutzes 1 Jahr. In Frankreich werden nach diesem Verfahren jährlich etwa 300000 Schafe und 40000 Rinder geimpft. — Durch fortgesetzte aktive Immunisierung wird von Hammeln ein Serum gewonnen, das in Menge von 20—200 ccm Hammel, Rinder und Pferde gegen die Infektion für einige Wochen bis Monate schützen soll. Auch therapeutisch sollen mit diesem Serum bei erkrankten Tieren und Menschen Erfolge erzielt sein. — Das Serum enthält keine Agglutinine, keine deutlichen Bakteriolysine; wahrscheinlich spielen bei der Milzbrandimmunität Phagozytose, Opsonine und eventuell Antiendotoxine die Hauptrolle. — SOBERNHEIM hat für Tiere kombinierte aktive und passive Immunisierung empfohlen; 5 ccm Serum und 0,5 ccm Vaccin II werden an beiden Halsseiten injiziert: Der Schutz tritt sofort ein und dauert mindestens 1 Jahr.

Das preußische Seuchengesetz schreibt Anzeigepflicht vor; die Ermittelung soll im Einvernehmen mit dem beamteten Tierarzt erfolgen; an Milzbrand erkrankte Personen sind abzusondern und erforderlichenfalls in ein Krankenhaus zu überführen. Im übrigen sind einige von den allgemeinen abweichende Anordnungen namentlich in §§ 7 und 18 der Ausführungsbestimmungen enthalten. Diese lauten:

§ 7. Die Ermittelungen sind auf die Art, den Stand und die Ursache der Krankheit zu erstrecken; auch ist eine bakteriologische Untersuchung der flüssigen Absonderungen aus dem Karbunkel, des Lungenauswurfes oder Darminhaltes, womöglich auch des Blutes des Erkrankten, zu veranlassen. Wenn irgend ausführbar, ist sofort am Orte ein Versuchstier (weiße Maus, Meerschweinchen) mit milzbrandverdächtigem Material zu impfen.

Der beamtete Arzt hat genau zu ermitteln, wie lange die verdächtigen Krankheitserscheinungen schon bestanden haben, sowie wo und wie sich der Kranke vermutlich angesteckt hat. Insbesondere ist im Einvernehmen mit dem beamteten Tierarzt nachzuforschen, ob der Kranke in den letzten 8 bis 14 Tagen vor Beginn der Erkrankung mit krankem oder gefallenem Vieh, insbesondere Schafen, Rindern, Pferden, Schweinen oder Wild in Berührung gekommen ist, ob er mit der Sortierung oder der Verarbeitung von Fellen, Roßhaaren, Schafwolle, Lumpen u. dergl. beschäftigt gewesen, und ob auf seiner Arbeitsstätte verdächtige Erkrankungen vorgekommen sind, bei Darmmilzbrand auch, ob er ungenügend gekochtes Fleisch von milzbrandverdächtigen Tieren genossen hat, woher diese Nahrungsmittel stammten, und ob in den betreffenden Ställen verdächtige Tiererkrankungen vorgekommen sind.

§ 18. Für Ortschaften und Bezirke, welche von Milzbrand befallen sind, können hinsichtlich der gewerbsmäßigen Herstellung, Behandlung und Aufbewahrung, sowie hinsichtlich des Vertriebes von Gegenständen, welche geeignet sind, die Krankheit zu verbreiten, eine gesundheitspolizeiliche Überwachung und die zur Verhütung der Verbreitung der Krankheit erforderlichen

Maßregeln angeordnet, auch können Gegenstände der bezeichneten Art vorübergehend vom Gewerbebetriebe im Umherziehen ausgeschlossen werden.

Von den hierhergehörigen Betrieben kommen namentlich Abdeckereien, Schlächtereien, Gerbereien, Roßhaarspinnereien, Wollsortierereien, Bürsten- und Pinselfabriken, Lumpenhandlungen und Papierfabriken in Betracht.

10. Bacillus typhi abdominalis (Typhusbazillus).

Bei dem durch Schwellung und Geschwürsbildung in den Peyerschen Plaques und den solitären Follikeln des unteren Dünndarms, sowie durch Schwellung der Mesenterialdrüsen und der Milz charakterisierten Abdominaltyphus findet man bei der Sektion namentlich in Milz, Leber und Mesenterialdrüsen Typhusbazillen; während der Krankheit im Blut, in den Roseolen, seltener in den Dejekten und im Harn.

Die Typhusbazillen liegen auf Schnitten der Milz in kleinen Nestern außerhalb der Gefäße, von schmaler nekrotischer Zone umgeben. Sie erscheinen hier als kurze, plumpe, an den Enden abgerundete Stäbchen. In Kultur erscheinen sie je nach den Züchtungsbedingungen von verschiedener Länge und Dicke; oft bilden sie längere Fäden. Bei der Färbung mit Anilinfarben bleiben zuweilen helle Lücken, die aber nicht als Sporen aufzufassen sind. Sie sind gramnegativ. Im hängenden Bouillontropfen zeigen sie lebhafte Eigenbewegung; durch die Geißelfärbung lassen sich an jungen Bazillen je 8—12 um die ganze Peripherie angeordnete lange Geißeln sichtbar machen.



Fig. 164. Typhusbazillen aus Gelatinekultur (nach Loeffler). 600:1.

Die Züchtung gelingt leicht auf den verschiedensten Nährsubstraten (auch bei schwach sauerer Reaktion). Auf Gelatineplatten erscheinen bei 60facher Vergrößerung die tiefliegenden jüngsten Kolonien rund, oval oder wetzsteinförmig und von grüngelblicher Farbe. An der Oberfläche bilden sie dünne irisierende Häutchen, bei schwacher Vergrößerung von grauweißlicher Farbe, mit einem System von Furchen und Faltungen, die sich nach dem Rande zu verästeln (weinblattartige Zeichnung); nur in der Mitte pflegt noch ein Rest der tiefen Kolonie mit dunklerer Färbung hervorzutreten.

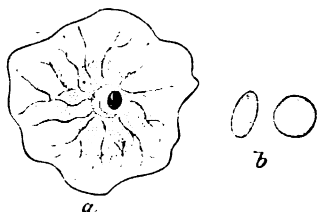


Fig. 165. Typhuskolonie. 60:1. *a* oberflächliche, *b* tiefliegende.

Im übrigen ist das Verhalten des Typhusbazillus in den Kultursubstraten hauptsächlich von dem Gesichtspunkte einer Trennung und

Unterscheidung der Typhusbazillen von anderen ähnlichen Bakterien aus studiert.

Als solche kommen in den Fäzes, in Wasser usw. Coliarten, Aërogenesarten, die Erreger des Paratyphus usw. in Betracht. Teils hat man dabei Verfahren im Auge gehabt, durch welche die Anreicherung eines an Typhusbazillen armen Materials an diesen Bazillen gelingt; oder durch welche wenigstens ein leichtes Herauserkennen spärlicher Typhuskolonien aus einer größeren Anzahl Begleitbakterien möglich ist. Teils hat man nach Merkmalen gesucht, um reingezüchtete Stämme als zuverlässige Typhuskulturen zu erkennen.

Zu der ersten Gruppe von Verfahren gehört z. B. die Vorkultur des Materials in einer 3 % Prepton, 0,6 % Koffeïn und etwas Kristallviolett enthaltenden Flüssigkeit, in welcher die Colibakterien durch das Koffeïn viel stärker gehemmt werden als die Typhusbazillen (Ficker). Ferner die Vorkultur und weitere Züchtung auf Malachitgrüngelatine oder Malachitgrünagar (Lentz, Löffler), da dieser Farbstoff ebenfalls Colibakterien erheblich stärker schädigt als Typhusbazillen. Ähnlich verhält sich Galle (s. im Anhang). — Zur Aussaat des Materials auf Platten benutzt man ferner entweder Drigalski-Conradischen Nährboden, der Lackmus, Nutrose, Milchzucker und Kristallviolett enthält. Die Colibakterien verarbeiten vor allem den Zucker, produzieren Säure und bilden daher rote Kolonien; die Typhusbazillen stellen aus der Nutrose alkalische Stoffwechselprodukte her und liefern blaue Kolonien. Manche andere Bakterien verhalten sich wie Typhus, sollen aber durch den Kristallviolettzusatz gehemmt werden. — Oder man verwendet den von Endo empfohlenen Fuchsinagar; derselbe wird mit alkoholischer Fuchsin- und mit Natriumsulfitlösung versetzt; nach dem Erkalten ist der Agar farblos, weil der Säurekomponent des Fuchsins durch das Sulfit reduziert ist. Colibakterien liefern durch ihre Herstellung neuer Säure Kolonien mit roten Zentren, während Typhuskolonien hell, glasig erscheinen.

Zur genaueren Differenzierung züchtet man die verdächtige Kultur:

1. auf Kartoffeln. Typhusbazillen wachsen in Form einer Haut, welche über die ganze Fläche sich hinzieht, aber kaum wahrnehmbar ist, weil sie die Farbe der gekochten Kartoffeln ungeändert läßt und nur einzelnen Stellen stärkeren Glanz verleiht. Nicht auf jeder Kartoffel zeigt sich dies Wachstum; bei stärker alkalischer Reaktion entstehen gelbbräunliche Leisten, wie bei Colistämmen.

2. In Traubenzuckerbouillon (2 %) bildet Typhus kein Gas.

3. In Milch bildet er so wenig Säure, daß keine Koagulation erfolgt.

4. In Bouillon oder Peptonlösung entsteht durch Typhusbazillen kein Indol (durch KNO_2-lösung und H_2SO_4 nachweisbar).

5. Neutralrotagar zeigt nach 24stündigem Wachstum der Typhusbazillen keine Farbenveränderung.

6. Milchzucker-Nutrose-Lackmuslösung bleibt unverändert, Traubenzucker-Nutrose-Lackmuslösung wird rot gefärbt.

7. Lackmusmolke (Petruschky) erhält durch Typhusbazillen nur ganz geringe Umwandlung des violetten Tons in einen rötlichen.

Als beste und feinste Differenzierungsmittel kommt noch hinzu die Agglutinierbarkeit durch spezifisches Typhusserum, und die spezifische Auflösbarkeit der Typhusbazillen im Pfeifferschen Versuch. — Ge-

naueres über das auf vorstehende Reaktionen gestützte Verfahren zur bakteriologischen Typhusdiagnose s. im Anhang.

Die Resistenz des Typhusbacillus ist trotz des Fehlens von Sporen sehr erheblich. Austrocknen verträgt er für längere Zeit; er kann sogar mit etwas gröberen Stäubchen durch Luftströmungen transportiert werden (s. S. 95). In Wasser ist er, namentlich an Flußufern, im Schlamm usw. lange lebensfähig; auch in Konkurrenz mit zahlreichsten Saprophyten, im Dünger, in Ackererde kann er monatelang am Leben bleiben. Die üblichen desinfizierenden Lösungen müssen mindestens $^1/_2$ Stunde einwirken, Hitze von 60° 1 Stunde.

Übertragung auf Tiere ist nicht gelungen. Insbesondere sind Fütterungsversuche ergebnislos verlaufen. Bei subkutaner Injektion entsteht vorzugsweise Intoxikation; erhitzte Kulturen leisten annähernd das gleiche, filtrierte wirken nicht so stark, weil weniger Ektotoxine als Endotoxine in Frage kommen. Bei Injektion sehr großer Dosen lebender Kulturen kommt es vor dem Tode auch zu einer Vermehrung der Bazillen. Chantemesse berichtet über eine allmähliche Umwandlung in eine tiervirulente Varietät, so daß schließlich selbst per os Infektion eintritt. — Vielfach sind Tiere mit Typhusbazillen behandelt zur Gewinnung wirksamen Serums (s. unten).

Beim Menschen sind absichtliche Übertragungen der Kultur per os nicht versucht; unfreiwillige Laboratoriumsinfektionen scheinen vorgekommen zu sein, jedoch ist dabei Infektion auf anderem Wege nie sicher auszuschließen. — Subkutane Injektionen abgetöteter Kulturen sind beim Menschen vielfach vorgenommen zum Zweck aktiver Immunisierung (s. unten).

Verbreitungsweise und Bekämpfung. Obwohl der Abdominaltyphus in Preußen nur mit 1 bis 2 Todesfällen auf 10000 Lebende beteiligt ist, so ist doch das gelegentliche Auftreten der Krankheit in Epidemien geeignet, große Beunruhigung in der Bevölkerung hervorzurufen. Eine möglichst gründliche Aufklärung über die Verbreitungsweise des Typhus und seine energische Bekämpfung ist daher unerläßlich.

Als Infektionsquellen kommen die Dejektionen und der Harn des Kranken in Betracht, und zwar vor allem in den ersten gar nicht in ärztliche Behandlung gelangenden Stadien, ferner von leicht Kranken, die oft erst nach Wochen oder überhaupt nicht bettlägerig sind, drittens von Rekonvaleszenten, die in ihren Dejekten und im Harn noch nach Monaten und Jahren Typhusbazillen ausscheiden können. Auf diese „Typhusträger" ist man erst neuerdings aufmerksam geworden. Bei größeren Enqueten haben 2—3 Prozent der Typhuskranken noch längere Zeit, die Hälfte von diesen über 3 Monate („Dauerausscheider") Typhus-

bazillen in den Dejekten gehabt. Auffällig viel Träger findet man in Irrenanstalten (1 Prozent der Insassen). Vorwiegend sind Frauen beteiligt; ferner Gallensteinleidende; der Vegetationsort der Bazillen scheint oft die Gallenblase zu sein. Die Virulenz der von Trägern ausgeschiedenen Bazillen geht aus nachgewiesenen Übertragungen unzweifelhaft hervor.

Da die Typhusbazillen sowohl im trockenen Zustande wie namentlich auch in flüssigen Substraten in Gemeinschaft mit Saprophyten mehrere Monate lebensfähig bleiben, erstrecken sich die Infektionsquellen erheblich weiter als z. B. bei der Cholera; nicht nur Wäsche, Kleider (Beinkleider) usw. können infektiös sein, sondern auch der Tonnen- und Grubeninhalt, in welchen Typhusinjektionen gelangt sind, die Bodenoberfläche, Rinnsteine, Ackererde usw. Von der Bodenoberfläche aus oder durch das Spülwasser der Wäsche können die Bazillen ferner in Schachtbrunnen geraten und das Trinkwasser infizieren; noch leichter erfolgt diese Infektion, wenn das Trink- und Brauchwasser aus einem Flusse bezogen wird, welcher die Abwässer aus Wohnungen oder von Schiffern aufnimmt. — Ferner können Teilchen der Dejektionen durch Kontakte oder durch infiziertes Wasser auf Nahrungsmittel gelangen; z. B. in Milch durch Hantierungen oder durch das zum Reinigen benutzte Wasser, auf Gemüse durch Besprengen mit infiziertem Wasser. Im Boden und Wasser vermögen die Typhusbazillen unter gewissen Umständen vielleicht sogar eine Vermehrung zu erfahren, ohne daß jedoch hierdurch eine wesentlich größere Infektionsgefahr zustande kommt.

Als Transportwege fungieren zunächst Berührungen von Infektionsquellen einerseits, des Mundes andererseits. Bei Wärtern und Angehörigen bestehen erhebliche Chancen für diesen Infektionsmodus; man beobachtet infolgedessen nicht selten, daß das Wartepersonal der Typhusstation in Hospitälern und ebenso die Wäscherinnen, welche die Wäsche der Typhuskranken zu besorgen haben, infiziert werden. Kommen solche Fälle schon bei einem geschulten Personal und in gut eingerichteten Krankenhäusern vor, so ist kein Zweifel, daß in Privatquartieren diese Art der Übertragung außerordentlich viel häufiger sich ereignen und geradezu einen erheblichen Prozentsatz der Infektionen veranlassen wird. Bei dichter Bewohnung, schlechter Entfernung der Abfallstoffe, Verunreinigung der Bodenoberfläche in der Nähe der Wohnung können sich sehr umfangreiche, rasch ansteigende Kontaktepidemien entwickeln, die dem Verlauf von Wasserepidemien ähnlich sind. Vielleicht brauchen die Typhusbazillen nicht immer in den Darm zu gelangen, um zu infizieren; ein Eindringen von kleinen Defekten der Rachenschleimhaut, der Tonsillen usw. vermag möglicherweise Fälle von Sepsis zu erzeugen,

die ohne Darmerscheinungen verlaufen, aber doch dem Typhus zuzurechnen sind.

Bei einer zweiten Kategorie von Epidemien gelangen die Typhusbazillen in ein vielen Menschen gemeinsames Vehikel, namentlich in Trinkwasser oder in die Milch von Sammelmolkereien. Diese Verbreitungsart liegt plötzlich ausbrechenden Epidemien zugrunde. Werden zentrale Wasserleitungen infiziert, wozu wiederum Flußwasserleitungen besonders disponiert sind, so können gleichzeitige Masseninfektionen von enormem Umfang entstehen (Liegnitz, Gelsenkirchen). Oft werden kleinere, scharf begrenzte Gruppenerkrankungen beobachtet, bei welchen konstatiert ist, daß alle Erkrankten aus dem gleichen, gegen verdächtige Einflüsse nicht genügend geschützten Brunnen getrunken hatten. Nicht selten kommt es zur Infektion bisher unverdächtiger Brunnen und Quellen durch abnorm starke Niederschläge, Schneeschmelze, Überschwemmungen, welche ein Einsickern von Oberflächenwasser bewirken. — Ganz ähnliche Verhältnisse werden durch Infektion der Milch an einer Zentralstelle bewirkt. Versorgungsbereich der Molkerei bezw. der Verkaufsstelle und Ausbreitungsgebiet des Typhus decken sich bei solchen Epidemien oft auf das genaueste. — An die steil aufsteigende Kurve der durch Wasser oder Milch verursachten Erkrankungen schließt sich nach Ablauf von etwa 2 bis 4 Wochen meist eine neue Erhebung der Kurve an, die durch Kontakte von den zahlreichen Ersterkrankten aus verursacht ist.

Es darf allerdings nicht übersehen werden, daß bei Ärzten und Laien die entschiedene Neigung besteht, alle Typhusinfektionen ohne weiteres auf Rechnung des Wassers zu setzen. Zurzeit lautet fast jedes ärztliche Gutachten über die Ätiologie einer Typhusepidemie dahin, daß im Wasser die Ursache zu suchen sei. Man sucht dabei entweder zu zeigen, daß die am Typhus Erkrankten ihr Wasser sämtlich aus einem bestimmten Brunnen bezogen haben und daß sonst nichts den Kranken Gemeinsames und der Infektion Verdächtiges vorgelegen hat; also die Übereinstimmung der lokalen Begrenzung der Epidemie mit der lokalen Begrenzung des Versorgungsbereichs des Brunnens bildet das Argument. Dieser Beweis ist aber schon deshalb nicht immer fehlerfrei, weil man dabei auf die Aussagen zahlreicher Menschen angewiesen ist, die gewöhnlich derartigen Erhebungen ein großes Mißtrauen entgegenbringen und oft nicht die Wahrheit sagen. Namentlich aber würde es völlig unrichtig sein, wollte man sich etwa nur auf die Aussagen der Erkrankten beschränken. Ist der Versorgungsbereich des Brunnens sehr groß, haben z. B. 500 Menschen daraus getrunken und 3 oder 4 sind erkrankt, so spricht das nicht für Infektiosität des Wassers, die vielleicht durch ausschließliches Befragen der Erkrankten wahrscheinlich geworden wäre. — Eine andere Art der Beweisführung stützt sich darauf, daß der verdächtige Brunnen geschlossen wurde und daß dann nach einiger Zeit die Epidemie aufhörte. Da wir aber wissen, daß die Typhusepidemien fast stets einen zeitlich begrenzten Verlauf haben, auch ohne daß irgend etwas am Brunnen

geschieht, und da sehr häufig die Schließung des Brunnens erst nach längerer Dauer der Epidemie zur Ausführung gelangt, zu einer Zeit, wo auch ohne jeden Eingriff ein Aufhören der Epidemie wahrscheinlich war, so ist es keineswegs ohne weiteres zulässig, in dem Brunnenschluß den Grund für die Beseitigung der Infektionsquelle zu erblicken.

Diese Skepsis, die für die wissenschaftliche Beweisführung unerläßlich ist, darf natürlich nicht hindern, daß in der Praxis jeder Brunnen als verdächtig bezeichnet und einstweilen geschlossen wird, in den möglicherweise infektiöse Abwasser gelangen können. Eine völlig sichere Aufklärung der Ätiologie gelingt eben beim Typhus schon wegen der langen Inkubationszeit (2—4 Wochen) selten und man muß daher praktisch häufig mit Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten rechnen.

Seltener finden Infektionen durch andere Nahrungsmittel statt; z. B. durch solche pflanzliche Nahrungsmittel, welche aus einem mit Typhusbazillen imprägnierten, mit verdächtigen Exkrementen gedrängten Boden stammen. Ebenso kann der Genuß von Fleisch, Früchten, Gemüsen usw. aus verseuchten Häusern zur Infektion führen. Auch Austern aus Meerwasser, das menschliche Abfallstoffe aufgenommen hat, sind suspekt.

Die individuelle Disposition scheint ähnlich wie bei der Cholera von großer Bedeutung zu sein. Sie ist zwischen dem 15. und 30. Lebensjahre am größten. Gastrizismen, Obstipation befördern anscheinend die Entstehung der Krankheit; Gemütsbewegungen wohl nur insofern, als sie leicht zu Gastrizismen und zu großer Sorglosigkeit in der Nahrungsaufnahme führen. — Nach einmaligem Überstehen der Krankheit bleibt eine Immunität gewöhnlich für lange Zeit zurück; zuweilen sind Rezidive nach 5—10 Jahren beobachtet.

Eine ausgesprochene örtliche Disposition zeigt der Abdominaltyphus nicht. Immune Zonen, Länder und Orte existieren nicht. In Island, Finnland, Mittel- und Südeuropa, Indien, Kochinchina, China, Australien, Kapland, Nord-, Mittel- und Südamerika kommt Abdominaltyphus in großer Ausdehnung vor. Länder, die man früher wohl für immun gehalten hat, wie Indien, Algier, haben seither nachweislich schwere Typhusepidemien durchgemacht. — Eine vermeintliche Immunität einzelner Städte besteht immer nur für einige Jahre; wir sehen, daß gerade der Abdominaltyphus ungemein starke Schwankungen der Frequenz an demselben Orte zeigt und daß Perioden größerer und geringerer Typhusmortalität abwechseln. Diese Schwankungen erschweren die Vergleichung verschiedener Städte bedeutend und lassen eine solche nur innerhalb sehr langer Zeiträume zulässig erscheinen. Übrigens sind gewisse Differenzen der örtlichen Frequenz auch nach Stadtgegenden selbstverständlich, da je nach der Wohlhabenheit, Wohndichtigkeit, nach der Art des Wasserbezugs, der Entfernung der Abfallstoffe usw. die Infektionsgelegenheiten erheblich variieren. — Typhushäuser sind entweder solche, welche eine dichtgedrängte, ärmere und vielfach wechselnde Bevölkerung enthalten; oder wo Defekte in der Wasserversorgung und Entfernung der Abfallstoffe vorliegen; oder wo zufällig sog. „Dauerausscheider“ (s. oben) ihre Wohnung haben.

Auch eine deutliche zeitliche Disposition macht sich beim Auftreten des Abdominaltyphus nicht immer bemerkbar, wie aus folgender (dem Werke von Hirsch entnommenen) Tabelle hervorgeht:

			Sommer	Herbst	Winter	Frühling
Schweden	1858—77	Kranke	44750	49334	51573	42354
Hamburg	1873—80	Tote	286	390	453	317
Berlin . .	1854—79	„	3625	5384	3100	2685
Breslau . .	1863—78	„	646	774	591	510
Leipzig . .	1851—65	Kranke	299	378	236	139
Prag . . .	1874—76	„	237	239	428	335
Bayern . .	1857—70	Tote	10758	11648	12722	12037
München .	1852—68u.1873—79	„	1164	1153	2120	1691
Basel . . .	1824—73	„	557	710	528	418
London . .	1848—62	Kranke	716	1072	541	328
Paris . . .	1867—78	Tote	1005	1646	928	573

Die für ganze Länder erhobenen Zahlen zeigen so gut wie keine jahreszeitliche Schwankung. In der Mehrzahl der Städte ist aber eine Steigerung der Typhusfälle im Herbst bemerkbar; in München und Prag liegt die Akme im Winter. Die Steigerung der Frequenz im Herbst ist dem Abdominaltyphus mit den verschiedensten Erkrankungen der Verdauungsorgane gemeinsam und vermutlich zum Teil auf die gesteigerte Disposition zu allen Verdauungskrankheiten zurückzuführen. Bei der Verbreitung des Typhus durch Wasser ist außerdem vielleicht ähnlich wie bei Cholera in der hohen Temperatur des Wassers im Herbst ein einflußreiches Moment gegeben. Auch die in dieser Jahreszeit besonders starke Verunreinigung der Bodenoberfläche mit infektiösen Keimen, sowie Gebräuche bei der Feld- und Gartenarbeit, das Aufbringen des Düngers und das Einholen der Gemüse mögen von Einfluß auf die herbstliche Akme sein.

Nach v. Pettenkofer ist die Typhusfrequenz in vielen Städten vom Grundwasserstande abhängig. In der Tat ist in München, Salzburg, Frankfurt a. M., Berlin usw. regelmäßig ein Zusammenfallen der höchsten Frequenz mit dem Absinken des Grundwassers beobachtet, und diese Koinzidenz ist um so auffallender, als sie an einigen Orten unbekümmert um die Jahreszeit auftritt; in Berlin im Spätsommer und Herbst, in München im Winter. S. 125 ist dargelegt, weshalb trotzdem die von Pettenkofer gezogenen Folgerungen einer bedeutungsvollen Rolle des tieferen Bodens und des Grundwassers nicht als richtig anerkannt werden können. Vielmehr verweist uns dieser Zusammenhang lediglich auf eine gewisse Bedeutung der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, wenn nicht die eigentümliche Koinzidenz in völlig anderer Weise durch abweichende Sitten und Gebräuche ihre schließliche Erklärung findet.

Vor allem würde es aber durchaus unrichtig sein, wenn man den Schluß ziehen wollte, daß die gesamten Typhusfälle vom Grundwasserstande abhängig seien. Die Steigerung, welche die Zahl der Typhusfälle in dem Quartal mit niedrigstem Grundwasserstand über die durchschnittliche Zahl der anderen Quartale erfährt, beträgt nur 10—20 Prozent der gesamten Typhusfälle (in

Berlin 17 Prozent). Liegt wirklich in dem Sinken des Grundwassers ein die Ausbreitung des Typhus begünstigendes Moment, so wirkt dasselbe demnach jedenfalls nur auf einen kleinen Bruchteil aller Typhusfälle, und der ganze große Rest kommt auch ohne diese Mitwirkung und trotz Ansteigens und Hochstandes des Grundwasser zustande.

Die Bekämpfung des Typhus muß damit einsetzen, daß bei den unter verdächtigen Erscheinungen Erkrankten die Diagnose gesichert wird. Auf Grund klinischer Symptome kann dies häufig nicht geschehen; namentlich nicht bei leichten Erkrankungen und bei abnormem Verlauf des Typhus. Hier muß die bakteriologische Untersuchung zur Hilfe herangezogen werden.

Die Untersuchung erfolgt am einfachsten durch die Widalsche Probe auf die agglutinierende Fähigkeit des Serums des Erkrankten. Dazu ist nur eine kleine Menge durch Einstich in das Ohrläppchen gewonnenen Blutes erforderlich. Das Serum wird in Verdünnungen 1:25, 1:50, 1:75, 1:100 usw. mit Typhusbazillen verrieben, und es wird beobachtet, in welcher Probe noch Agglutination erfolgt (Näheres s. im Anhang). — Ist das Resultat bei 1:50 schon negativ, so ist noch nicht zu folgern, daß kein Typhus vorliegt; die spezifischen Agglutinine werden meist erst am 7. bis 10. Krankheitstage, zuweilen noch später, gebildet. Es muß dann womöglich wiederholte Untersuchung vorgenommen werden. — Ist das Resultat bei 1:75 und 1:100 positiv, darüber hinaus negativ, so ist zu bedenken, daß diese Steigerung des normalen Wertes auch bei anderen Erkrankungen (Ikterus, Pneumonie) vorkommen kann; ferner bei Menschen, welche (leichten) Typhus vor weniger als Jahresfrist durchgemacht haben. Außerdem ist es möglich, daß ein Wert von 1:100 nur durch Mitagglutination bedingt ist, während die verwandten Erreger des Paratyphus und der Fleischvergiftung viel höher agglutiniert werden; letzteres ist in solchem Fall durch einen besonderen Versuch zu entscheiden. Agglutination in stärkerer Verdünnung als 1:100 spricht entschieden für Typhus. — Auch die Bildung spezifischer Bakteriolysine kann für die Diagnose verwertet werden (Stern). Prüfung wie bei immunisierten Tieren, s. unten S. 639.

Kultur der Bazillen gelingt am sichersten mit größeren Blutmengen, aus der Armvene entnommen. — Empfehlenswert ist auch die Aufnahme kleinerer Mengen Blut (1—2 ccm) in ein Röhrchen mit 10 ccm sterilisierter Rindergalle (+ Pepton und Glyzerin, s. im Anhang). — Ferner kann Blut und Gewebssaft aus Roseolaflecken als ein meist reichliche Bazillen enthaltendes Material benutzt werden.

Oder die Bazillen werden aus den Dejekten oder aus dem (trüben) Harn gezüchtet; Genaueres s. im Anhang. — Mit den letztgenannten Methoden gelingt der Nachweis der Typhusbazillen bei Rekonvaleszenten höchstens in 30 Prozent der Fälle, bei Kranken etwas häufiger.

Von Chantemesse ist neuerdings eine „Ophthalmoreaktion" zur Diagnose empfohlen. Von einer sehr verdünnten Lösung von Typhustoxin (Kulturextrakt mit Alkohol gefällt usw.) wird ein Tropfen in das untere Augenlid eingeträufelt. Bei Gesunden soll eine nach 4—5 Stunden verschwindende leichte Conjunctivitis auftreten, bei Typhuskranken eine viel heftigere, die bis zum folgenden Tage andauert.

Sehr wichtig ist es, durch vorstehende Untersuchungen Anfangs-

stadien, leichte, ambulante Fälle, die namentlich bei Kindern viel häufiger vorkommen, als man früher gedacht hatte, sowie Typhusträger aufzufinden.

Nach der Sicherung der Diagnose und der polizeilichen Meldung muß die Isolierung des Erkrankten erfolgen. Da zweifellos der Kranke das Zentrum der Ausbreitung der Krankheit ist, sind Vorsichtsmaßregeln gegen ein Verschleppen des Kontagiums unerläßlich. In dichtbewohnten Häusern und bei der ärmeren Bevölkerung pflegen die hierzu erforderlichen Maßnahmen (s. S. 561) in den Wohnungen der Kranken nicht durchführbar zu sein; hier empfiehlt sich vielmehr die Überführung der Kranken in ein Krankenhaus. In diesem soll derselbe womöglich verbleiben, bis er keine Typhusbazillen mehr ausscheidet. Besondere Vorsicht ist auch anzuwenden, wenn die Erkrankung in einem Betriebe vorkommt, in welchem eine Infektion von Nahrungsmitteln möglich ist. — In jedem Falle ist für geschultes Pflegepersonal und für sorgfältige Desinfektion während der Krankheit zu sorgen; nach Ablauf der Krankheit hat die übliche Schlußdesinfektion zu erfolgen. — Von Anfang an sind die Angehörigen des Kranken, besonders Schulkinder, in zwangloser Weise zu überwachen und im Verdachtsfall bakteriologisch zu untersuchen. — Sehr schwierig ist das Vorgehen gegen die Bazillenträger. Dieselben können nicht für Jahre in ihrer Freiheit beschränkt werden; es bleibt daher nur übrig, die Träger auf die Gefahr, die sie anderen Menschen bringen können, hinzuweisen und sie tunlichst zu vorsichtiger Behandlung und Desinfektion ihrer Dejekte anzuhalten.

Ein völliges Tilgen des Typhus wird von diesen gegen die vom Erkrankten ausgehende Gefahr gerichteten Maßnahmen nicht zu erwarten sein. Ein Teil der Erkrankungen wird stets unerkannt bleiben; zu schroffes Vorgehen würde nur die Verheimlichung begünstigen. Stets kommen außerdem neue Einschleppungen an einem Ort dadurch zustande, daß bereits infizierte Fremde zureisen oder daß Einheimische auf Reisen sich die Infektion zuziehen; sind solche erste Fälle leicht oder atypisch, so werden sie nicht erkannt oder erst, nachdem längst weitere Ausstreuung stattgefunden hat. Gegenden mit stark fluktuierender Bevölkerung, Industriezentren, Zeiten, wo die sogenannten Sachsengänger ziehen oder wo Wallfahrten, Messen u. dgl. stattfinden, sind besonders gefährlich.

Unter diesen Umständen ist es von größter Wichtigkeit, daß man versucht, wenigstens die plötzlichen Explosionen zu vermeiden, die hauptsächlich Schaden verursachen und Besorgnis erregen. Dies gelingt durch Verbesserung der Wasserversorgung und der Entfernung der Abfallstoffe in der Weise, wie es im 4. und 7. Kapitel beschrieben ist. Zweifellos haben viele Städte allein durch derartige

Einrichtungen sich ein völliges Freisein von epidemischen Ausbrüchen des Typhus verschafft. — Aber auch eine Einschränkung der Kontaktinfektionen gelingt zweifellos durch diese hygienischen Maßnahmen. Namentlich auf dem Lande und in den durch Entwickelung der Industrie plötzlich zu großer Bevölkerungsdichtigkeit gelangten Gegenden ist die Anlage gut gedeckter Abortgruben, die Pflasterung und Entwässerung der Höfe, die Reinlichkeit in der Umgebung des Hauses und auf der Straße ein wichtiges Mittel, um die jetzt noch vielfach übliche Ausstreuung von Kontagium zu verhüten.

Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist prophylaktisch bei englischen in Indien, Ägypten und Südafrika stehenden und der Typhusinfektion stark ausgesetzten Truppenteilen, sowie auch bei einem Teil der deutschen nach Südafrika geschickten Truppen versucht.

In Deutschland wird namentlich folgendes Verfahren benutzt (Kolle): Eine Agarkultur Typhusbazillen (= 10 Ösen) wird in 10 ccm 0,85 prozentiger Kochsalzlösung aufgeschwemmt, 2 Stunden auf 56° erhitzt, dann 0,5 % Karbol zugesetzt. Davon 1 ccm subkuten injiziert. Danach tritt Frösteln, Unbehagen, Schmerz an der Impfstelle ein, die Temperatur erhebt sich meist bis auf 38,5°. Nach 48 Stunden normales Befinden. Das Serum zeigt nach 11 Tagen einen Agglutinationstiter von 1:500, einen bakteriolytischen Titer von 0,01 und weniger (d. h. ein Zentigramm schützt ein Meerschweinchen von 250 g. gegen 2 mg. lebender virulenter 20 stündiger Agarkultur (= 1 Öse = 10 fache dosis letalis in 1 ccm Bouillon). — Bassenge und Rimpau empfehlen $^1/_{30}$, $^1/_{15}$, $^1/_5$ Normalöse Agarkultur mit 10tägigen Intervallen; Wright 1,5, dann 3,0 ccm 2tägige Bouillonkultur. Shiga, Wassermann u. a. wollen von autolysierten Bazillen ausgehen.

Die Erfolge sind keine absoluten. Erkrankungen und auch Todesfälle an Typhus unter den Geimpften kommen vor. Aber es scheint, als ob beide doch eine ziemlich beträchtliche Abnahme im Vergleich zu den Nichtgeimpften aufweisen, soweit die schwierige Statistik solche Folgerungen zuläßt. — Daß trotz des hohen bakteriolytischen Titers des Blutes noch Empfänglichkeit bestehen kann, darf, wie schon S. 583 betont wurde, nicht wundernehmen, da das Wesentliche für die Immunität nicht der Titer des Bluts, sondern die Empfänglichkeit der die Immunstoffe bildenden Organe ist. — Die Dauer des Schutzes soll im Mittel ein Jahr betragen.

Auch therapeutisch sind, um die Bildung der Immunstoffe kräftig anzuregen, während der Krankheit wiederholte kleine Injektionen von abgetöteten Typhusbazillen (eventuell mit Beigabe von Immunserum) versucht. Auch andere Bakterien (Pyocyaneus) sollen den gleichen Reiz ausüben.

Bei Tieren (Ziegen, Hammeln usw.) ist hochgradige Immunisierung erreicht durch subkutane oder intravenöse Injektion erst abgetöteter, dann

lebender Bazillen in steigender Dosis. Der Agglutinationstiter erreicht leicht 1:1000—1:5000. Am wichtigsten ist der Gehalt an Bakteriolysinen. Um diesen zu bestimmen, werden verschiedene Verdünnungen des Serums im Reagenzglas mit der gleichen Typhusbazilleneinsaat und mit frischem Kaninchenblut (Komplement) versetzt; nach zwei Stunden bei 37° wird ein Plattensatz angelegt und bestimmt, bis zu welcher Verdünnung noch deutliche bakterizide Wirkung stattgefunden hat. Oder der Versuch wird intraperitoneal am Meerschweinchen gemacht (PFEIFFERscher Versuch, s. im Anhang). Der bakteriolytische Titer des von Tieren gewonnenen Serums soll 0,001 und weniger betragen.

Versuche, diese Sera, die zu diagnostischen Zwecken vorzügliche Dienste leisten, auch zur Serumtherapie auszunutzen, sind meist fehlgeschlagen; man fürchtet von ihnen sogar eine ungünstige Wirkung, insofern die Auflösung von Typhusbazillen durch das Serum ein schädigendes Freiwerden von Toxinen im Körper veranlassen kann. — Neuerdings hat man versucht, unter möglichster Aufschließung der Endotoxine ein mehr antitoxisches Serum für therapeutische Zwecke herzustellen (MAC FADYAN; CHANTEMESSE: Züchtung besonderer Stämme in Milzmazeration; CONRADI: autolysierte Typhusbazillen; JEŹ: Extrakte aus Knochenmark, Milz usw. hochimmunisierter Kaninchen). Die Erfolge sind bei allen Verfahren anscheinend noch zweifelhaft.

Preußisches Seuchengesetz: Anzeigepflicht wie S. 536; Ermittelung: bei Typhus und Typhusverdacht bakteriologische Untersuchung der Ausleerungen (Kot und Harn) sowie womöglich des Blutes (Agglutination). Auch bei Typhusverdacht kann eine Öffnung der Leiche polizeilich angeordnet werden, insoweit der beamtete Arzt dies zur Feststellung der Krankheit für erforderlich hält, in der Regel aber nur dann, wenn die bakteriologische Untersuchung der Absonderungen und des Blutes dazu nicht ausreicht oder nicht ausführbar ist. Maßregeln sind zu treffen, „wenn der Ausbruch des Typhus festgestellt oder der Verdacht der Krankheit begründet ist". Krankheitsverdächtige Personen (d. h. solche, welche unter Erscheinungen erkrankt sind, die den Ausbruch des Typhus befürchten lassen) können einer schonenden Beobachtung (s. S. 536) unterworfen werden, so lange, bis eine mindestens zweimalige bakteriologische Untersuchung negativ ausgefallen ist. Auf zureisende Personen, welche sich innerhalb der letzten 4 Wochen in Typhusgegenden aufgehalten haben, ist besonders zu achten; der Regierungspräsident kann für bestimmte Bezirke anordnen, daß solche Zureisende gemeldet werden. Absonderung in üblicher Weise, jedoch ist bei Typhus die Absonderung nicht eher aufzuheben, als bis die Ausleerungen bei zwei durch eine Woche getrennten bakteriologischen Untersuchungen sich als frei von Typhusbazillen erwiesen haben. Ist dies jedoch 10 Wochen nach Beginn der Erkrankung noch nicht der Fall, so ist die Absonderung aufzuheben und der Kranke als Bazillenträger zu behandeln. Auch Krankheitsverdächtige können der Absonderung unterworfen werden; bei dringendem Verdacht muß die Absonderung stattfinden. Sobald als möglich ist mit allen Mitteln fest-

zustellen, ob der Verdacht begründet ist. Typhuswohnungen können durch gelbe Tafel (gelbe Laterne) kenntlich gemacht werden. Belehrung des Haushaltungsvorstands, Beschränkungen für das Pflegepersonal wie oben. Für letzteres und für Ärzte kann nach § 22 die Schutzimpfung in Frage kommen, jedoch nur mit Zustimmung der zu Impfenden. Bazillenträger sind auf die von ihnen ausgehende Gefahr hinzuweisen und zur Befolgung der erforderlichen Desinfektionsmaßnahmen anzuhalten. — Die Benutzung von Brunnen, Wasserläufen, Badeanstalten usw. kann verboten oder beschränkt werden. — Auch ist unter Umständen eine Wohnung oder ein Gebäude von den Gesunden zu räumen. Bei epidemischer Ausbreitung kann durch den Regierungs-Präsidenten die Abhaltung von Märkten, Messen usw. verboten oder beschränkt werden. Schließlich ist unter den „Vorbeugungs- und Vorbereitungsmaßregeln" Überwachung der Einrichtungen für Wasserversorgung und Fortschaffung der Abfallstoffe empfohlen; Abtrittsgruben in Typhushäusern dürfen nach Desinfektion entleert werden; Höfe, Dungstätten usw. sind von frischen menschlichen Dejekten möglichst frei zu halten.

11. Krankheitserreger in den Gruppen B. aërogenes und B. coli.

Dem Typhusbazillus in vielen Beziehungen ähnlich sind zwei Gruppen von sehr verbreiteten Bazillenarten, denen man gemeinsam die obige Bezeichnung gegeben hat. Zur Gruppe des B. aërogenes rechnet man verschiedene Arten, Varietäten und Stämme, die dadurch gekennzeichnet sind, daß sie im Gegensatz zum Typhusbazillus unbeweglich sind und daß sie auf Gelatineplatten ohne Verflüssigung meist als dickere, porzellanweiße Tröpfchen wachsen. Einzelne Arten bilden indes auch flache häutchenartige Auflagerungen. Aërogenesarten kommen regelmäßig im Darm vor. Ferner gehört hierher ein Erreger der Milchsäuregärung, der bei Blutwärme unter den spontan in der Milch sich entwickelnden Gärungserregern in den Vordergrund tritt, Linksmilchsäure bildet und zuweilen, aber nicht regelmäßig, nach Gram gefärbt bleibt.

Auch pathogene Wirkungen gehen von Aërogenesarten aus. Namentlich gehören die häufigsten Erreger von Cystitis zu dieser Gruppe ferner die Erreger der bazillären Dysenterie (s. unten).

Einige Arten zeichnen sich dadurch aus, daß die Bazillen im Tier- und Menschenkörper mit sogen. Kapseln auftreten; gleichzeitig pflegen sie üppiger zu wachsen und dicke schleimige Auflagerungen in den Kulturen zu bilden. Zu diesen „Kapselbakterien" gehören z. B. der Pneumobazillus Friedländers (s. S. 618), die Ozaena- und Rinosklerombazillen.

Zur Gruppe B. coli rechnet man zahlreiche Arten, die darin übereinstimmen, daß sie plumpe oder schlanke kurze, bewegliche Stäbchen bilden, mit mehreren perithrichen Geißeln, ohne Sporen, nach Gram nicht färbbar. Auf Gelatineplatten bilden die Kolonien flache Auf-

lagerungen, meist etwas dicker als bei den Typhusbazillen, stärker gefärbt und **ohne** deutliche weinblattartige Zeichnung. Jedoch kommen starke Annäherungen an das Aussehen der Typhuskolonien vor. Auf Kartoffeln bilden sie gelbbräunliche Auflagerungen; in Bouillon liefern sie Indol; Milch wird koaguliert; traubenzuckerhaltige Nährböden werden durch Gasbildung zerklüftet; Neutralrot wird reduziert; auf DRIGALSKI-Platten entstehen große, dicke Kolonien von himbeerroter Farbe. — Unterscheidung der Stämme durch Agglutination gelingt nicht recht; ein Serum pflegt den homologen Stamm und daneben einige andere Stämme zu agglutinieren, andere wieder nicht; zuweilen treten statt agglutinierter Haufen lange Fäden auf (PFAUNDLER).

Coliarten findet man regelmäßig im Darm des Menschen, selbst in den Fäzes der an der Brust genährten Säuglinge, und der Tiere. Bei den verschiedensten Darmaffektionen des Menschen zeigen die Dejekte fast **Reinkultur** von Colibakterien, so bei Cholera nostras, Cholera asiatica, Typhus usw., ohne daß daraus eine ätiologische Bedeutung für die betreffende Krankheit gefolgert werden dürfte. Manchen Varietäten kommt aber zweifellos **pathogene** Wirkung (Eiter- und eventuell sogar Sepsiserregung) zu, wenn sie von ihrer gewöhnlichen Wohnstätte in empfänglichere Gebiete verschleppt werden; so können sie Katarrh der Gallenwege, Gallenstauung, Gallensteinbildung veranlassen; ferner Peritonitis nach Darmperforation oder nach Operationen am Darm. Auch Cystitis können sie, wenngleich weniger häufig als Aërogenesstämme, bewirken.

Einige Coli- und Aërogenesabarten müssen als die Erreger bestimmter epidemisch auftretender Krankheiten genauer besprochen werden; dahin gehören die Erreger des **Paratyphus** und der **Fleischvergiftung** und die Erreger der **Ruhr**.

12. Bacillus paratyphi und B. enteritidis.

Als **Paratyphus** bezeichnet man eine Erkrankung, die mit dem Typhus sehr viel Ähnlichkeit hat. Klinisch tritt häufiger ein leichter Verlauf ein, als bei Typhus; die Mortalität ist geringer, Rezidive seltener. Erscheinungen von Dickdarmkatarrh treten in den Vordergrund. Pathologisch-anatomisch unterscheidet sich der Paratyphus vom Typhus dadurch, daß meist die Veränderungen im **Dünndarm** ganz oder fast ganz **fehlen**, während der Dickdarm stärker ergriffen ist. Indessen kommen auch Erkrankungen vor, die ganz wie Typhus verlaufen.

Der Paratyphusbazillus ist ein bewegliches Stäbchen, dem Typhusbazillus im Verhalten ähnlich, jedoch dadurch unterschieden, daß er 1. in

Lackmusmolke anfangs rote, später blaue Färbung bewirkt; 2. in Milch stark alkalische Reaktion und Gelbfärbung; 3. in Neutralrotagar Gasbildung und Reduktion; 4. Agglutination durch Paratyphusserum in großer Verdünnung. — Zur Züchtung aus den Dejekten empfiehlt sich Vorkultur auf Malachitgrünplatten, dann DRIGALSKI-Platten. Zur Diagnose ist auch die WIDALsche Probe verwendbar; im Blut der Kranken zeigt sich gewöhnlich kräftige Agglutination von Paratyphusbazillen, daneben viel schwächere Agglutination von Typhusbazillen (Mitagglutination, s. S. 577). Bei beiderseitig hohem Titer ist der CASTELLANIsche Versuch anzustellen.

Von Versuchstieren sind Mäuse und Meerschweinchen sehr empfänglich. Landwirtschaftliche Nutztiere sind dagegen unempfänglich.

Natürliche Verbreitung und Bekämpfung wie bei Typhus. Übertragung durch Kontakte, durch Nahrungsmittel, sowie durch Wasser sind beobachtet.

In den Ausführungsbestimmungen zum Preußischen Seuchengesetz ist in der „Anweisung für die Bekämpfung des Typhus" in § 1 hinter Unterleibstyphus hinzugefügt „auch in der Form des Paratyphus".

Früher unterschied man Paratyphus A und B; der erstere scheint indes sehr selten vorzukommen, der oben beschriebene Bazillus ist der Erreger des Typus B. — Außerdem aber kommt eine Reihe anderer Erkrankungen vor, die abweichende Symptome zeigen, indessen durchgreifende Unterschiede bezüglich des Erregers kaum erkennen lassen. Dahin gehören solche Fleischvergiftungen, bei welchen Erbrechen und an Cholera nostras erinnernde Symptome in den Vordergrund treten und bei denen die Verbreitung der Krankheit auf das Fleisch eines bestimmten, offenbar kranken Schlachttieres zurückzuführen ist. Da der Paratyphusbazillus auf Kälber, Hammel usw. nicht übertragbar ist, muß hier wohl eine andere Varietät als Erreger fungieren (Bac. enteritidis GÄRTNER).

Merkwürdig ist noch die große Ähnlichkeit des Paratyphusbazillus mit den Erregern gewisser tierischer Erkrankungen, nämlich der Schweinepest, des Mäusetyphus, der Papageienkrankheit u. a. m. Die Schweinepest (Hogcholera, peste du porc, Pneumoentérite infectieuse) bewirkt vorwiegend im Dickdarm diphtherische Prozesse, später Sepsis. Die Krankheit ist auf Mäuse, Kaninchen, Schweine übertragbar. Als Erreger wird der Bac. suipestifer angesprochen, der vom Paratyphusbazillus nicht zu unterscheiden ist, insbesondere auch nicht durch Agglutination. Aktive Immunisierung gelingt namentlich mit dem (zur Vertilgung von Mäusen praktisch verwendeten) Mäusetyphusbazillus, der von vielen nur als ein an Mäuse angepaßter und für diese hochvirulenter Stamm des Paratyphusbazillus angesehen wird. Serumtherapie war bei Schweinepest bisher ohne Erfolg.

Neuerdings haben DORSET, BOLTON, SALMON u. a. gezeigt, daß bakterienfrei filtriertes Blut von Schweinepest-Tieren die Krankheit zu übertragen vermag; danach würde der Bac. suipestifer nur die Rolle eines sekundären Ansiedlers spielen. — Die Schweinepest ist nicht zu verwechseln mit der Schweineseuche (Swine-plague, Pasteurellose du porc), bei welcher multiple morti-

fizierende Pneumonie in den Vordergrund tritt. Als Erreger ist hier der Bac. suisepticus beschrieben, ovoide Bakterien mit Polendenfärbung, unbeweglich, die hauptsächlich auf dem Inhalationswege den Körper infizieren, und gegen die ein multivalentes Serum gute Erfolge ergeben hat. — Auch Kombination von Schweinepest und Schweineseuche kommt vor.

13. Bacillus dysenteriae (Ruhrbazillus).

Neben der hauptsächlich in tropischen Ländern endemischen, mehr chronisch verlaufenden Amöbenruhr (s. unten) kommt es in unseren Breiten oft zu kleineren oder größeren Epidemien von Ruhr, deren Erreger von Kruse und Shiga beschrieben sind. Man findet den Bazillus bei der Sektion, entsprechend dem Sitz der Erkrankung, in der entzündeten und Epithelnekrosen, Geschwüre und diphtherische Auflagerungen aufweisenden Schleimhaut des Dickdarms; intra vitam im Schleim der Dejekte. Der Bazillus ist plump, unbeweglich; wächst in zarten typhusähnlichen Kolonien, verhält sich allen Differenziernährböden gegenüber wie Typhus, nur tritt in Lackmusmannitnährböden keine Rötung, sondern höchstens Hellerwerden der blauen Farbe durch Reduktion ein; ferner ist er durch agglutinierendes Ruhrserum (von vorbehandelten Ziegen, Hammeln usw. durch intravenöse Injektion abgetöteter Ruhrbazillen erhalten) sicher zu diagnostizieren. — Zum Nachweis in den Dejekten ist zunächst ein mikroskopisches Präparat anzufertigen; man findet namentlich zahlreiche Bazillen in Leukozyten. Daneben Kultur auf Drigalski-Platten und Lackmusmannitagar. — Widalsche Reaktion gelingt erst in späten Stadien und bleibt oft unsicher.

Die Resistenz des Bazillus ist etwas geringer als die des Typhusbazillus. Übertragungen auf Tiere durch Fütterung gelingt nicht. Bei Injektion tritt starke Giftwirkung zutage; wahrscheinlich durch Ektotoxin und im Tierkörper freiwerdendes Endotoxin; am stärksten giftig sind alte Bouillonkulturen. Meerschweinchen gehen schon durch $^1/_2$ bis 1 mg abgetötete Agarkultur unter Lähmungen, Durchfällen und Temperaturabfall zugrunde. — Beim Menschen bewirkt subkutane Injektion kleiner Mengen abgetöteter Kultur ebenfalls heftige Reaktionserscheinungen, so daß aktive Immunisierung nicht versucht werden darf.

Verbreitung ganz vorzugsweise durch Kontakte. Chronische Formen mit Dauerausscheidung scheinen wie beim Typhus in Betracht zu kommen. Zuweilen Übertragung durch Nahrungsmittel und Brunnenwasser. Wasserleitungsinfektionen und überhaupt Explosionen sind nicht beobachtet. Bekämpfung wie beim Kontakttyphus; Desinfektion der Fäzes (nicht des Harns), der Aborte, Höfe usw. besonders wichtig; prophylaktisch namentlich gute Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe. — Aktive Immunisierung ausgeschlossen

(s. oben); dagegen Serum, mit entweder mehr bakterizider Wirkung (mit Kulturfiltraten hergestellt) oder mit mehr antitoxischer Wirkung (aus Bakterienleibern gewonnen) sowohl prophylaktisch wie therapeutisch gut bewährt.

Preußisches Seuchengesetz Die Bestimmungen sind konform denen bei Typhus, nur daß die Anzeige und Absonderung der Krankheitsverdächtigen, sowie die Ermächtigung, eine Öffnung der Leiche vorzunehmen, fortfällt. Bei dem einzusendenden Untersuchungsmaterial kommen nur Dejekte und Blut, nicht Harn, in Betracht.

Eine Abart des KRUSEschen Bazillus, der FLEXNERsche Bazillus, ist bei einigen Ruhrepidemien, ferner bei der Enteritis follicularis der Säuglinge, einer der Ruhr nahestehenden Erkrankung, beobachtet. Er unterscheidet sich kulturell im wesentlichen nur dadurch, daß er die Lackmusmannitnährböden allmählich rot färbt, und daß er durch ein mit dem KRUSEschen Stamm hergestelltes Serum nicht, dagegen durch sogen. FLEXNER-Serum agglutiniert wird. — Auch „Pseudodysenterie"-stämme mit gewissen Abweichungen vom KRUSE- und FLEXNER-Typus kommen vor.

14. Bazillen der hämorrhagischen Sepsis (Erreger der Hühnercholera, Wildseuche usw.).

Die Erreger der Hühnercholera sind kurze, oft Mikrokokken-ähnliche Bazillen, die sich zum Teil nur an den Polenden färben. Gramnegativ, sporenfrei, unbeweglich. In Kulturen zarte Auflagerungen. In alten Kulturen viel Involutionsformen. Virulenz schwankend. Frisch gezüchtete Bazillen töten Hühner, Gänse, Enten, Fasanen durch Einimpfung kleinster Mengen und durch Verfütterung; Kaninchen nur durch ersteren Modus. Tod meist in 1 bis 2 Tagen an echter Sepsis mit massenhafter Verbreitung im Blut; in Darm, Lunge usw. Hämorrhagien. — Natürliche Verbreitung unter dem Geflügel durch die Fäzes und Aufnahme der Bazillen per os. — Von PASTEUR, dem Entdecker des Erregers, wurde eine aktive Immunisierung eingeführt; künstlich abgeschwächte Erreger wurden mit 10—15 Tagen Zwischenraum mit 2 Vaccins an je einem Flügel geimpft, worauf nur lokale Reaktion erfolgt. Neuerdings auch passive Immunisierung mit von Pferden gewonnenem Serum; kurzdauernder Schutz.



Fig. 166. Bazillen der Kaninchenseptikämie aus Sperlingsblut (nach KOCH). 700:1.

Sehr ähnliche Bakterien mit gleichen Wirkungen sind bei Wildseuche, Kaninchenseptikämie, Schweineseuche (s. oben) u. a. m. gefunden. — Zu dieser Gruppe von Erregern gehört auch:

15. Bacillus pestis (Pestbazillus).

Bei Pestkranken zuerst von KITASATO und YERSIN nachgewiesen. Die Bazillen finden sich bei Bubonenpest in der die Infektionsstelle darstellenden Pustel und im Inhalt des künstlich eröffneten Bubo; bei

Pestsepsis im Blut; bei Pestpneumonie im Sputum. Es sind kurze, plumpe, unbewegliche, sporenfreie Stäbchen; meist nur an den Polenden die Farbe behaltend, so daß in der Mitte eine ungefärbte Lücke bleibt (vgl. oben die B. der Hühnercholera). Nicht nach Gram färbbar. Häufig Involutionsformen. In Bouillonkulturen Kettenbildung. — Leicht zu züchten, am besten bei 32°, aber auch bei 37° und bei 5° wachsend.

Die Kolonien auf Agar sind wenig charakteristisch; auf Gelatineplatten zeigen sich bei 60facher Vergrößerung warzenförmige Kolonien, die von einer unregelmäßig gezackten, hellen, fein granulierten Randzone umgeben sind. In den Kulturen fehlt die Polfärbung; zuweilen entstehen Fäden, unter anderen Verhältnissen Ketten von ganz kurzen Gliedern.

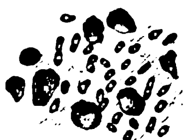


Fig. 167. Ausstrich von Pestbubo. 800 : 1.



Fig. 168. Involutionsformen der Pestbazillen auf Salzagar. 800 : 1.

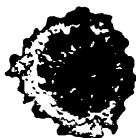




Fig. 169. Pestkolonien auf erstarrter Gelatine. 100 : 1.

Auf Agar mit 1 bis 2 % ClNa-Zusatz bilden die Bazillen aufgequollene Degenerationsformen, die in gleichem Grade bei anderen Bakterien nicht beobachtet werden.

Die Resistenz der Bazillen ist gering. In flugfähigen trockenen Staub können sie nicht lebend übergehen; unter schützenden Schichten von Sputum, Schmutz u. dergl. können sie dagegen Wochen und Monate infektiös bleiben. Durch Hitze (55° 10 Minuten) und Chemikalien (1 Promille Sublimat 1 Minute) werden sie leicht abgetötet.

Empfängliche Versuchstiere findet man namentlich unter den Nagern, aber auch unter anderen Tiergattungen. Epizootien kommen vor unter den Ratten und bei einer sibirischen Abart von Murmeltieren; künstlich übertragbar ist die Krankheit auf Meerschweinchen, Mäuse, Kaninchen, Affen usw. — Die Virulenz nimmt leicht ab bei fortgesetzter Züchtung. Ektotoxine werden nicht produziert, nur im Tierkörper und beim Absterben der Bazillen in Kulturen werden aus den Leibern Endotoxine frei.

Mehrfach haben Übertragungen auf Menschen unabsichtlich durch Kulturen im Laboratorium stattgefunden, stets mit tödlichem Ausgang.

Zu Tierexperimenten zu diagnostischen Zwecken eignen sich am besten Meerschweinchen und Ratten. Meerschweinchen sterben nach intraperitonealer oder subkutaner Einbringung kleinster Bazillenmengen oder nach kutaner Verreibung des Materials auf die rasierte Bauchhaut

an Sepsis; in den regionären Lymphdrüsen, in der von Knötchen durchsetzten Milz, in Lunge, Leber usw. finden sich Massen von Pestbazillen. Bei chronischem Verlauf entstehen in Milz und Lunge größere tuberkelähnliche Knoten. Ratten werden durch Einstiche mit einer infizierten Nadel an der Schwanzwurzel sicher infiziert. Ferner gelingt hier fast stets die Infektion durch Verfütterung. Auch Aufstreichen auf die unverletzte Konjunktiva führt zum Ziele; ebenso Inhalation von Bazillenaufschwemmung. Mäuse, Kaninchen sind weniger empfänglich. — Als Material zur Untersuchung dient je nach der Form der Erkrankung Drüsensaft des uneröffneten Bubo, Blut, Sputum, Harn; bei der Sektion ein primärer Bubo, Blut, Milz- und Lungenteile. Das Blut zeigt spezifische Agglutinine unregelmäßig und meist erst vom neunten Krankheitstage ab, die Widalsche Probe ist daher bei Erkrankten zur Diagnose nicht geeignet, wohl aber eventuell zur Feststellung abgelaufener Fälle. Dagegen ist das Serum vorbehandelter Tiere durch seinen hohen Agglutinationstiter für die Differenzierung von Pestbazillen sehr wertvoll. — Näheres s. im Anhang.

Epidemiologie. Die Beulenpest (Bubonenpest) ist in Europa seit dem sechsten Jahrhundert bekannt. Im Mittelalter forderte sie in fortgesetzten Epidemien ungezählte Opfer; erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts macht sich eine Abnahme bemerklich, von der Mitte des 18. Jahrhunderts ab ist von Europa nur noch der Südosten, die Balkanhalbinsel, häufiger ergriffen. Im Anfang des 19. Jahrhunderts ist die Pest in der Türkei heimisch und mehrmals von dort aus verschleppt; allmählich erlischt sie auch dort; 1841 ist sie noch einmal in Konstantinopel aufgetreten, um dann von Europa zu verschwinden. 1843 ist sie zuletzt in Ägypten beobachtet, 1841 in Syrien, so daß seit der Mitte dieses Jahrhunderts auch die an Europa grenzenden Teile Vorderasiens und Afrikas von Pest frei blieben. Dafür entwickelten sich neue Pestherde in Arabien (1853 und 1874), Tripolis, Persien (1863, 1870, 1876—78), Mesopotamien (1866, 1873—77). Von Mesopotamien aus wurde die Seuche im Oktober 1878 in unaufgeklärter Weise nach Wetlianka und einigen anderen Wolgadörfern im Gouvernement Astrachan verschleppt, wo sie sich bis zum Januar 1879 hielt und etwa 600 Opfer forderte. 1893—94 erfolgte ein Vorstoß an die chinesische Küste und nach Hongkong; 1896 trat die Pest in Bombay, Karachee, Nagpur und anderen Teilen Indiens auf, 1898—99 auf Madagaskar, Mauritius, in Bona, Alexandrien; dann in Südamerika (Santos); ferner wurde sie in den letzten Jahren mehrfach nach Europa eingeschleppt, so nach Porto, Lissabon, Plymouth, Triest, Hamburg usw. — Genauere Nachforschungen haben ergeben, daß vier endemische Zentren seit lange

existieren: in Mesopotamien; in Tibet; im Berglande Assir an der Westküste von Arabien und in Kisiba in der äußersten Nordwestecke von Deutsch-Ostafrika. Von diesen Zentren aus scheint die Pest immer wieder gelegentlich in die Nachbarländer verschleppt zu werden. Warum in den letzten Jahren eine stärkere und weitere Ausbreitung stattgefunden hat, ob dieselbe nur durch Zufälligkeiten bedingt ist oder ob etwa eine Steigerung der Virulenz der Erreger stattgefunden hat, das läßt sich zurzeit nicht entscheiden.

Der Erreger dringt in den meisten Fällen von der Haut aus ein, verursacht primäre Pusteln oder Furunkel an der unteren oder oberen Extremität, oder an Hals, Kopf, Mund; auch von der Mund- oder Nasenschleimhaut (namentlich Tonsillen) aus kann die Infektion erfolgen. Von da aus entwickelt sich in den zugehörigen Lymphdrüsen ein Pestbubo als schmerzhafte, teigige, nicht zirkumskripte Geschwulst. Diese Form der Erkrankung kann in 30—50 Prozent der Fälle in Heilung ausgehen, indem sich der Bubo zerteilt oder aufbricht. Auch im letzteren Fall gelangen keine Pestbazillen nach außen, da im Eiter lebende Erreger stets vermißt werden. — Bei Aufnahme des Kontagiums in die Blutbahn (direkt oder durch insuffiziente Drüsen) entsteht Pestsepsis, von schlechterer Prognose, oft mit Pneumonie und zuweilen mit Darmpest einhergehend. — Drittens entsteht durch Einatmung der Erreger primäre Pestpneumonie; von schlechter Prognose; Genesung oft mit sehr protrahierter Rekonvaleszenz.

Während der an Bubonenpest Erkrankte kaum Infektionsquellen liefert, scheidet der septisch Erkrankte in den verschiedenen Exkreten Pestbazillen aus. Vor allem ist aber der an primärer oder sekundärer Pestpneumonie Erkrankte dadurch gefährlich, daß er beim Husten Sputumtröpfchen mit Pestbazillen in die Luft verschleudert. Dasselbe geschieht bei dem terminalen Lungenödem, mit dem tödlich verlaufende Sepsisfälle zu enden pflegen. Auch im Rekonvaleszentenstadium vermag der Pneumoniker noch solche Ausstreuung zu bewirken. — Ferner kann das ausgeschiedene Sputum lebende Bazillen enthalten; im Auswurf von Rekonvaleszenten wurden noch 76 Tage nach Beginn der Erkrankung virulente Erreger nachgewiesen. In Form von flugfähigem Staub kann das Sputum zwar nicht infizierend wirken, da die Erreger die hierfür unerläßliche vollständigste Austrocknung nicht vertragen. Wohl aber kann es in dickeren Schichten an Teilen der Wohnung, an Kleidern, Wäsche usw. haftend noch nach Wochen durch Kontakte infizieren. Auch können z. B. durch Fliegen Sputumteile auf Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände verschleppt werden.

Fernere gefährliche Infektionsquellen liefern die Ratten. Die-

selben sind für Pestbazillen außerordentlich empfänglich; sie pflegen fast stets die Ersterkrankten zu sein, und die Erkrankungen von Menschen treten erst auf, wenn bereits eine Rattenepidemie eine Zeitlang bestanden hat. Die Ratten erkranken nicht nur an Pestsepsis, sondern sehr häufig an primärer Darmpest und können per os infiziert werden. Harn und Fäzes enthalten reichlich Pestbazillen; die Krankheit verbreitet sich unter den Ratten dadurch, daß die gesunden mit den überall verstreuten Fäzes der kranken Tiere in Berührung kommen, daß sie die toten Tiere annagen, und daß Ungeziefer die Erreger von letzteren auf die gesunden Tiere überträgt. Da die erkrankten Ratten die Scheu vor den Menschen verlieren, kommt es sehr leicht dazu, daß sie Teile der Wohnung, Staub und Schmutz mit ihren gefährlichen Exkreten infizieren.

Die Infektionswege sind 1. Berührungen der genannten Infektionsquellen. Die Berührung der vom Kranken ausgeschiedenen Erreger ist bei einiger Vorsicht sehr leicht zu vermeiden. Beim Wärter- und ärztlichen Personal kommen daher in solcher Weise Übertragungen überhaupt kaum vor. Viel gefährlicher sind unbewußte Berührungen der von Pestratten verstreuten Erreger. Daher der gute Effekt der Überführung der Kranken in Spitäler und der Evakuierung der von Ratten okkupierten Häuser. 2. Einatmung der beim Husten der Pestpneumoniker oder beim Lungenödem der Sterbenden verstreuten Tröpfchen. Übertragungen auf das Pflegepersonal scheinen fast ausschließlich in dieser Weise zustande zu kommen. — Ein Schutz der Gesunden durch Gazeschleier und Masken führt nicht zum Ziele; eher kann die Lagerstätte des Kranken mit einem schützenden Gazeschleier umgeben werden. 3. Stechende Insekten, die vom erkrankten Menschen oder von Ratten aus auf den Gesunden übergehen. Anscheinend seltener Infektionsmodus; jedoch wird für die Verbreitung der Rattenpest in Indien einer Flohart (Pulex cheopis) eine bedeutsame Rolle zugeschrieben, und gelegentlich soll dieser Floh auch Menschen infizieren können.

Die individuelle Disposition zeigt wenig Unterschiede, auch bezüglich des Alters. Nach einmaligem Überstehen der Krankheit tritt ausgesprochene Immunität ein; zweimalige Erkrankung ist sehr selten.

Eine örtliche Disposition tritt insofern in ausgeprägter Weise hervor, als die Krankheit Neigung zeigt, sich in einzelnen Häusern festzusetzen. Die Krankheit erlischt unter den Insassen, wenn sie das Haus verlassen; sie tritt wieder auf bei erneuter Bewohnung. Offenbar sind derartige Häuser Rattenhäuser, in denen durch erkrankte Ratten das Kontagium stark verbreitet ist und immer wieder neu eingeschleppt

wird. Eine gründliche Desinfektion, welche zugleich die Ratten vertilgt und verscheucht, beseitigt die Disposition eines solchen Hauses.

Die Einschleppung der Seuche in Europa erfolgt wohl fast immer durch Schiffe und durch die mit diesen transportierten kranken Ratten. Auch Waren, die mit Exkrementen kranker Ratten verunreinigt sind, oder rekonvaleszente Pestpneumoniker, oder mit deren Sputum verunreinigte Kleider und Waren können wohl gelegentlich an der Einschleppung beteiligt sein. Meist aber wird eine verdächtige Sterblichkeit unter den Schiffsratten der Übertragung auf Menschen vorausgehen. — Die weitere Entwickelung der Seuche ist stets eine langsame; nicht durch Explosionen, wohl aber durch zähes Haften und häufiges Wiederaufflackern ist sie ausgezeichnet. — Zwischen Ansteckung und neuer Erkrankung liegt eine Inkubationszeit von 7—10 Tagen.

Die Bekämpfung hat zunächst die Hinderung der Einschleppung der Erreger ins Auge zu fassen. Maßgebend hierfür sind die S. 533 besprochenen Bestimmungen der Pariser Sanitätskonferenz von 1903, wonach nur dann, wenn verdächtige Erkrankungen vorgekommen sind, Schiffe einer 10 tägigen Quarantäne unterworfen werden. Verdächtig ist ein Schiff auch, wenn in auffälliger Zahl tote Ratten gefunden werden; diese sind dann sofort bakteriologisch zu untersuchen. — Eine Überwachung des Reiseverkehrs zu Lande erscheint nicht angezeigt, höchstens des kleinen Grenzverkehrs mit einem verseuchten Nachbarlande. Ferner kann die Einfuhr von Lumpen und getragener Wäsche verboten werden.

Nach der Einschleppung einer verdächtigen Erkrankung hat vor allem die bakteriologische Sicherung der Diagnose zu erfolgen. Diese ist nur in besonderen „Pestlaboratorien" auszuführen; das Material ist nicht einzusenden, sondern von dem Leiter oder Assistenten des Laboratoriums am Ort der Erkrankung zu entnehmen (s. Anhang).

Weiter muß die Isolierung des Kranken in üblicher Weise erfolgen; Häuser mit mehrfachen Erkrankungen sollen eventuell evakuiert und dann einer gründlichen, auch auf die Vernichtung der Ratten abzielenden Desinfektion unterzogen werden. Das Pflegepersonal ist womöglich zu immunisieren. Sorgfältige fortlaufende wie Schluß-Desinfektion ist selbstverständlich. — Schon prophylaktisch sind unter Umständen die Ratten zu bekämpfen.

Auf Schiffen hat sich in Hamburg Ausräuchern mit unexplosibelem Generatorgas (5% CO, 18% CO_2, 77% N) am besten bewährt. Andere empfehlen SO_2 (CLAYTON-Apparate) oder Piktolin (flüssige SO_2+CO_2); als vorläufige Maßregel auch Auslegen von Ackerlon, einem Meerzwiebel enthaltenden,

für Hunde, Katzen und Vögel unschädlichen Präparat. Auf dem Lande ist systematisches Auslegen von Phosphorbrei, Ackerlon und dergl. namentlich in den Kanälen zu versuchen.

Immunisierung und Serumtherapie. — Aktive Immunisierung läßt sich bei empfänglichen Tieren am besten durch abgeschwächte Erreger herstellen; jedoch ist die Abschwächung so unregelmäßig, daß das Verfahren für Menschen vorläufig nicht zulässig ist. Beim Menschen entsteht nach dem Überstehen der Krankheit eine ausgesprochene, meist mehrere Jahre anhaltende Immunität. Künstlich kann sie durch subkutane Injektion vorsichtig abgetöteter Kulturen hervorgerufen werden.

Hauptsächlich sind drei Verfahren empfohlen: a) HAFFKINE erhitzt 4 Wochen alte Kulturen in Butterbouillon auf 70°; davon wurden $^1/_2$—3 ccm, nach 8 Tagen ebensoviel injiziert. Impfschutz vom siebenten Tage an; Dauer 7 Monate. b) Die Deutsche Pestkommission benutzt Agarkulturen, die in Kochsalzlösung 1 Stunde auf 65° erhitzt und dann mit $^1/_2$ Prozent Phenol versetzt sind. $^1/_2$—1 Kultur injiziert. c) LUSTIG: Extrakt mit schwacher Kalilauge aus den Kulturen, neutralisiert, filtriert, getrocknet. — Nur mit dem HAFFKINEschen Verfahren sind in großem Umfang Versuche angestellt; 4—20 Prozent der Geimpften sind erkrankt, 2—8 Prozent sind an Pest gestorben, was immerhin eine erhebliche Schutzwirkung bedeutet. Über die anderen Verfahren liegt ein ähnlich großes Zahlenmaterial nicht vor.

Trotz der unvollständigen Wirkung empfiehlt sich die Schutzimpfung bei besonders exponierten Personen, Krankenpflegern usw. — Passive Immunisierung: Von Pferden, die 1—$1^1/_2$ Jahr vorbehandelt sind, zunächst mit abgetöteten, schließlich mit lebenden virulenten Kulturen, wird ein Serum gewonnen, welches einen hohen Agglutinationstiter und bakteriolytische Eigenschaften hat, letztere jedoch nur gegenüber schwach virulenten Bazillen im PFEIFFERschen Versuch; Wirkung vermutlich durch Opsonine und Antiendotoxine. Schutzwirkung nach Injektion von 10—20 ccm ist meist — aber nicht immer — deutlich vorhanden; sie tritt sofort ein, dauert aber nur 8—14 Tage.

Im Handel sind Pariser und Berner Serum, beide ungefähr in gleicher Weise bereitet; LUSTIGsches Serum von Pferden, die mit seinem Vaccin vorbehandelt sind; endlich von MARKL ein ausgesprochen antitoxisches Serum. Therapeutische Wirkung nur in leichten Fällen, angeblich am besten bei dem LUSTIGschen Serum. Die erstgenannten Sera sind zur Verifizierung verdächtiger Kulturen durch Agglutination von Wert. — Vollständigere Immunisierung wird vielleicht durch Kombination von aktiver Immunisierung und Seruminjektion gelingen.

Maßgebend für die Bekämpfung der Pest ist das Reichsgesetz vom 30. Juni 1900, das gegenüber Erkrankungen an Cholera, Gelbfieber, und Pest ungefähr gleichlautende (S. 534 wiedergegebene) Bestimmungen enthält. Speziell für Pest ist § 20 eingefügt, wonach Maßregeln zur Vertilgung und Fernhaltung von Ratten, Mäusen und anderem Ungeziefer angeordnet werden können.

16. Bac. mallei, Rotzbazillus.

Bei Pferden und Eseln kommt Rotz häufig, bei Ziegen, Hunden, Katzen gelegentlich vor. Verlauf akut oder chronisch. — Beim Menschen ist Rotz fast stets tödlich; die hervorstechendsten Symptome sind unregelmäßiges Fieber, Geschwüre auf der Nasenschleimhaut und anderen Schleimhäuten, kleine Abszesse im Unterhautbindegewebe.

LOEFFLER hat zuerst in frischen Rotzknoten die Rotzbazillen nachgewiesen; sie sind etwa länger und dicker als Tuberkelbazillen, lassen sich schwierig färben, nicht nach GRAM; die gefärbten Bazillen zeigen unregelmäßige Lücken. In Kulturen kommen verzweigte Formen vor (Streptothricheen, s. S. 487). Sie sind unbeweglich; wachsen auf erstarrtem Blutserum in Form von glasigen Tropfen, auf Kartoffelscheiben als anfangs gelber, später brauner Belag. Unter 25° nur spärliches Wachstum. Bei fortgesetzter Kultur nimmt die Virulenz der Bazillen ab. In trockenen Kulturen bleiben die Bazillen einige Wochen, in dickeren Eiterschichten länger lebensfähig. In Wasser von 60° gehen sie in 2 Stunden, in solchem von 70° in 1 Stunde sicher zugrunde; gegen die üblichen chemischen Desinfizientien zeigen sie mittlere Resistenz.

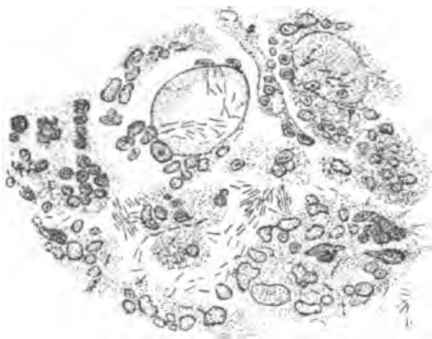


Fig. 170. Rotzbazillen. Schnitt aus einem Rotzknoten. 700 : 1.

Die Erzeugung von Rotz durch Einimpfung der Kulturen gelingt bei zahlreichen Versuchstieren, leicht bei Ziegen und Katzen, unregelmäßig bei Hunden und Kaninchen; am sichersten bei Meerschweinchen, Feldmäusen und Zieseln. Bei männlichen Meerschweinchen tritt nach subkutaner Impfung namentlich eine entzündliche, später eitrige Infiltration in der Tunica vaginalis des Hodens auf, welche den Hoden nach außen deutlich hervortreten läßt; bei der Sektion finden sich außerdem Milz, Lunge und Leber von gelblichen Knötchen durchsetzt. Der Tod der Tiere tritt nach $1^1/_2$—6 Wochen ein. — Übertragung auf Menschen ist mehrfach im Laboratorium erfolgt; die Infektion scheint von der Haut aus statthaben zu können, auch ohne daß sichtbare Wunden vorhanden sind. Es ist daher beim Arbeiten mit Rotz besondere Vorsicht nötig.

Die Diagnose gelingt fast nie durch mikroskopische Präparate der Exkrete; dagegen durch Verimpfung der letzteren auf männliche Meerschweinchen oder Kultur mit Verifizierung durch Agglutination (Serum durch Vorbehandlung von Pferden mit abgetöteten und zer-

riebenen Bazillen gewonnen). — Außerdem ist eine Art WIDALsche Reaktion mit dem Serum der verdächtigen Tiere und Menschen möglich; jedoch werden nicht lebende Rotzbazillen zur Prüfung verwendet, sondern eine Aufschwemmung von getrockneten und sehr fein verriebenen Bazillen (also eigentlich eine Präzipitinreaktion). Die Mischung von Serum und Testflüssigkeit bleibt 24 Stunden im Brütofen. Die Niederschlagbildung muß mindestens noch in einer Serumverdünnung 1:500 auftreten, wenn auf Rotz geschlossen werden soll. — Endlich ist noch eine Diagnose möglich mittels Malleïns, eines aus erhitzten alten Kulturen hergestellten Extrakts, das bei rotzigen Tieren, ähnlich wie das Tuberkulin bei tuberkulösen, in sehr kleinen Dosen meßbares Fieber hervorruft. Die erforderliche Dosis muß für jedes Präparat durch Versuche an gesunden Tieren festgestellt werden.

Aktive Immunisierung durch abgeschwächte Erreger ist noch nicht gelungen, weil Impfstoffe mit konstantem Abschwächungsgrade nicht hergestellt werden konnten; ebensowenig durch Bazillenextrakt (Malleïn). Im Serum der vorbehandelten Tiere hat man nur Agglutinine (Präzipitine) konstatieren können. Die Bekämpfung der Krankheit ist daher nur auf frühzeitige Diagnose angewiesen.

Das Preußische Seuchengesetz bestimmt, daß die Ermittelung im Benehmen mit dem beamteten Tierarzt erfolgt; die bakteriologische Untersuchung soll sich auf Eiter, Nasenschleim, Auswurf und womöglich Blut (zur Agglutinationsprobe) erstrecken. Bei Rotzverdacht kann eine Öffnung der Leiche polizeilich angeordnet werden, jedoch nur dann, wenn die Untersuchung der Exkrete, des Bluts usw. zur Diagnose nicht ausreicht. Krankheitsverdächtige Personen können einer Beobachtung, aber auch ebenso wie die Erkrankten einer Absonderung unterworfen werden. Liegt dringender Verdacht vor, so muß die Absonderung stattfinden. Außer den üblichen Vorschriften bezüglich des Pflegepersonals und der Desinfektion können für Rotz auch Vorsichtsmaßregeln bei Bestattung der Leichen angeordnet werden.

17. Bac. diphtheriae, Diphtheriebazillus.

Man unterscheidet verschiedene Formen von Angina:

1. A. tonsillaris oder follicularis; gekennzeichnet durch meist multipele gelbe oder weißliche Flecke namentlich auf den Tonsillen, gelegentlich auch auf den Gaumenbögen usw.; ferner meist durch hohes Fieber, aber von kurzer Dauer. In der Regel rasche Genesung; protrahierter Verlauf, wenn Drüsenschwellungen eingetreten sind; zuweilen Übergang in Sepsis. Als Erreger bezeichnet man in diesen Fällen gewöhnlich Streptokokken, die sich in großen Mengen im Belag finden. Da man diese aber ebensooft aus der Mundhöhle gesunder Menschen züchten kann, ist ihre Rolle als ursprüngliche Erreger unsicher, sie kommen vielleicht erst sekundär als Erreger von Mischinfektion in Betracht. In vielen Fällen treten andere Bakterien in den Vordergrund, so Staphylokokken, Influenzabazillen, spindelförmige, lückenhaft färbbare, anscheinend anaërobe Bazillen (Bac. fusiformis bei Angina Vincenti), feine

Spirochäten usw. Zuweilen beobachtet man bei solchen Anginen Übertragungen von Mensch zu Mensch. Die sogenannte Streptokokkenangina tritt ferner besonders häufig zu anderen Krankheiten hinzu, namentlich zu Scharlach; seltener zu Masern und Typhus; häufig zu der gleich zu beschreibenden diphtherischen Angina.

2. Angina diphtherica. Grauer, festsitzender Belag, meist von einer Stelle eines Gaumenbogens, des Zäpfchens, einer Tonsille vorschreitend. Mäßiges Fieber, aber unverhältnismäßige Prostration. Tod durch Herzlähmung, Kehlkopfstenose oder Sepsis durch Streptokokken, die unter dem Einfluß des diphtherischen Giftes vordringen. Oft noch in der Rekonvaleszenz Lähmungen des Gaumensegels, der Schlund- und Augenmuskeln usw. Leicht übertragbar auf empfängliche Gesunde, daher häufig in Familien- und Hausepidemien auftretend. Bei der letztbeschriebenen Form von Angina findet man regelmäßig den Bac. diphtheriae (Löffler).

Dieser ist nicht sowohl durch sein kulturelles Verhalten als vielmehr durch Form und Lagerung der Einzelindividuen charakterisiert. Es sind zwei Stadien zu unterscheiden: die jungen Bazillen, d. h. solche, die auf gutem Nährboden in 5—8 Stunden gewachsen sind; und die älteren Individuen, 9—24 Stunden alt.

Die Gestalt der jungen Individuen ist die eines kurzen Keils, das eine Ende ist häufig deutlich, zuweilen nur andeutungsweise dicker als das andere. Oft zeigt dabei der Bazillus eine leichte Krümmung. Die Lagerung verschiedener Individuen ist fast stets so, daß sie divergieren oder sich kreuzen; in Haufen sind sie regellos durcheinander geworfen, nur ausnahmsweise parallel aneinander gereiht. Nicht selten lagern sich die Bazillen in V-Form, oder gar in Y-Form.

Die älteren Individuen sind ähnlich gelagert; der einzelne Bazillus zeigt aber größere Länge, stärkere keulige Auftreibung des einen Endes oder beider, manchmal auch Verdickungen an anderen Stellen, oft aber auch Zerfall in einzelne Segmente. — Die Bazillen sind unbeweglich, bilden keine Sporen. Sie sind mit den gewöhnlichen Färbemitteln (bes. gut mit Fuchsin), ferner auch nach Gram färbbar. In älteren Kulturen treten nach Behandlung mit essigsaurem Methylenblau und Chrysoïdin im braun gefärbten Leib der Bazillen blaue metachromatische Körnchen auf, die zur Diagnose verwertet werden können (Neissersche Doppelfärbung, s. im Anhang). — Verzweigungen, aus welchen die Zugehörigkeit zu den Streptothricheen hervorgeht, kommen wie bei Rotzbazillen vor.

Die Kultur gelingt leicht bei einer Temperatur über 25° auf verschiedenen Nährböden. Auf Platten von Glyzerin-Agar entstehen Kolonien, die bei 60facher Vergrößerung unregelmäßig begrenzt und ganz grob gekörnt erscheinen, an verstreuten Schnupftabak erinnernd. Am schnellsten wachsen sie auf Löfflerscher Blutserummischung (3 Teile Serum + 1 Teil Dextrose-Peptonbouillon), die in flachen Schälchen durch Erhitzen auf 100° zum Er-

starren gebracht ist, und auf welcher das Untersuchungsmaterial oberflächlich ausgestrichen wird. Schon nach 4—6 Stunden bilden die Diphtheriebazillen kleine graue Tröpfchen. Dieser „elektive" Nährboden kann daher zum Herauszüchten der Diphtheriebazillen aus Gemengen besonders gut benutzt werden (s. im Anhang.) — In Bouillon wachsen die Bazillen unter anfänglicher Trübung

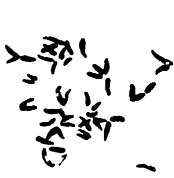


Fig. 171. Diphtheriebazillen, junge Kultur. 800 : 1.



Fig. 172. Diphteriebazillen, ältere Kultur. 600 : 1.



Fig 173. Diphtheriebazillen, NEISSER'sche Doppelfärbung. 600 : 1.

und unter starker Säurebildung; später lagert sich die Kultur als Anflug an Boden und Wand des Gefäßes, die Bouillon klärt sich und nimmt alkalische Reaktion an.

Die Resistenz der Bazillen gegen schädigende Einflüsse ist gering. Starkes Eintrocknen, so daß sie in Staubform durch die Luft transportabel werden, tötet sie ab; in dickeren Schichten und gegen Licht geschützt können sie dagegen monatelang lebendig bleiben. Hitze und chemische Desinfizientien vernichten sie sehr rasch.

Die Übertragung der Kulturen auf Versuchstiere gelingt bei Kaninchen, Tauben usw., wenn die Trachea geöffnet und die Kultur auf die Schleimhaut eingerieben wird. Es entstehen dann ausgebreitete Membranen, aber oft auch schwere Allgemeinerscheinungen und bei chronischem Verlauf Lähmungen. — Bei Meerschweinchen genügt die subkutane Einimpfung einer kleinen Kulturmenge (1 ccm Bouillonkultur), um die Tiere innerhalb 3—4 Tagen zu töten; bei der Sektion findet sich Ödem an der Impfstelle, oft pleuritische Ergüsse, regelmäßig Hyperämie der Nebennieren usw. — In den inneren Organen finden sich, ebenso wie nach tödlichem Verlauf beim Menschen, meist keine Bazillen, und ähnliche Wirkungen werden durch die keimfreien Kulturfiltrate erzielt. Die Krankheitserscheinungen sind daher wesentlich auf Rechnung der löslichen Toxine zu setzen, die von den lediglich an der Impfstelle gewucherten Bazillen sezerniert werden, und welche teils die Infiltrationen, Nekrosen usw. bewirken, die im Tierversuch in den Vordergrund treten, teils auf das Herz wirken, teils (Toxone) Nerven paralysieren.

Epidemiologie. Die Frequenz der Diphtherieerkrankungen beträgt in den größeren Städten 0.2—0.4 Promille der Lebenden und mehr. Für eine genauere Verfolgung örtlicher und zeitlicher Einflüsse ist das ältere statistische Material ungeeignet, weil die Unterschiede zwischen diphtherischer und nicht diphtherischer Angina nicht ge-

nügend berücksichtigt wurden. — Der sehr ungleiche Verlauf der Krankheit in verschiedenen Epidemien läßt darauf schließen, daß die Erreger in ihrem Virulenzgrade beträchtliche Differenzen aufweisen können. In den Tierversuchen treten entsprechende Virulenzunterschiede nicht hervor, so daß Tier- und Menschenvirulenz offenbar nicht parallel gehen.

Durch die Erfahrung steht unzweifelhaft fest, daß die Diphtherie durch Ansteckung von Mensch zu Mensch verbreitet wird. Ärzte, Krankenwärter, Angehörige werden häufig nachweislich durch einen Kranken infiziert. Die Inkubationszeit bis zum Ausbruch der Krankheit beträgt gewöhnlich 2—3 Tage. — Als die wesentlichste Infektionsquelle haben wir den erkrankten Menschen anzusehen, so lange er in seinem Munde Diphtheriebazillen beherbergt. In der Rekonvaleszenz sind meist bis zu vier Wochen, zuweilen monatelang, virulente Diphtheriebazillen nachweisbar. Ferner ist erwiesen, daß Erwachsene und unempfängliche Kinder Diphtheriebazillen beherbergen und übertragen können, obwohl sie gar keine Krankheitserscheinungen oder nur die einer leichten Angina darbieten (Bazillenträger). Solche Befunde sind jedoch keineswegs bei beliebigen Personen erhoben, sondern stets nur bei solchen, die mit Diphtheriekranken in Verkehr gestanden haben. Von einer ubiquitären Verbreitung der Diphtheriebazillen kann daher nicht die Rede sein. — In zweiter Linie kommen leblose mit ausgehusteten Membranen, Sputis, Speichel usw. verunreinigte Gegenstände in Betracht. In dicken Schichten angetrocknet, bleiben die Erreger 3—4 Monate, bei unvollständigem Austrocknen bis zu 7 Monaten lebendig. Besonders gefährlich sind die von den Kranken und Rekonvaleszenten benutzten Ess- und Trinkgeschirre, Löffel, Taschentücher usw.

Die diphtherieartigen Erkrankungen verschiedener Tierspezies (Kälber, Tauben, Hühner, Katzen usw.) können menschliche Diphtherie nicht hervorrufen.

Die Infektionswege für das Diphtherievirus bilden vorzugsweise Berührungen der Infektionsquellen (Mund des Kranken, Eß- und Trinkgeschirre, Wäsche usw.) einerseits, des eigenen Mundes anderseits. Bei Kindern ist ein solcher Transport besonders begünstigt, da sie ihre Finger und verschiedenste Gegenstände fortgesetzt und im unreinlichsten Zustande in den Mund zu führen pflegen. Häufig vollzieht sich die Übertragung in Schulen und Kindergärten. — Auch durch Küsse, ferner durch direktes Anhusten der mit Untersuchung oder Pinseln des Rachens Beschäftigten kommen Infektionen zustande. Die Luft gibt nur in der Nähe des Kranken und nur dann zu Übertragungen Anlaß, wenn kurz zuvor Tröpfchen des Mundsekrets verspritzt sind.

Die individuelle Disposition nimmt vom 6. Jahre ab allmählich, vom 13. Jahre an sehr rasch ab. Daß eine zarte, leicht verletzbare, und eventuell eine katarrhalisch affizierte Rachenschleimhaut (hypertrophische Tonsillen) zur Erkrankung disponiert, wird von den meisten Ärzten angenommen und ist auch durch Tierexperimente wahrscheinlich gemacht.

Eine ausgesprochene örtliche und zeitliche Disposition tritt bei der Verbreitung der Diphtherie nicht hervor. Differenzen der Frequenz werden bei der Vergleichung verschiedener Länder und Städte allerdings beobachtet, sind aber inkonstant und gehen nicht über die bei jeder kontagiösen Krankheit vorkommenden Schwankungen hinaus. — Auch die jahreszeitliche Schwankung ist unbedeutend.

Die Bekämpfung erfordert die Ermittelung der Krankheit im frühen Stadium möglichst durch bakteriologische Untersuchung, da die klinischen Symptome im ersten Beginn einer Angina nicht zur ätiologischen Diagnose ausreichen. Das Resultat der bakteriologischen Untersuchung ist in positiven Fällen meist 6—8 Stunden nach der Probenahme bekannt. — Darauf erfolgt Meldung der Krankheit und Isolierung des im Zentrum der Verbreitung stehenden Kranken, tunlichst für 4 Wochen, d. h. die Zeit, während welcher noch Diphtheriebazillen im Munde zu sein pflegen. Die Isolierung ist oft auch im Hause genügend durchzuführen. — Daneben ist die Desinfektion während der Krankheit sorgfältig zu beachten; sie soll sich namentlich auf Eß- und Trinkgeschirr, Taschentücher und sonstige Wäsche, sowie Spielzeug erstrecken. Die Schlußdesinfektion braucht eigentlich nur die nähere Umgebung des Krankenlagers zu berücksichtigen, besonders wenn Desinfektion während der Krankheit stattgefunden hat. Zur größeren Sicherheit erfolgt aber gewöhnlich volle Wohnungsdesinfektion. — Die Geschwister erkrankter Kinder sind vom Schulbesuch und Verkehr mit anderen Kindern zurückzuhalten, da sie im ersten Anfang der Erkrankung sich befinden oder Bazillenträger sein können. Aus letzterem Grunde sollen sich auch Erwachsene aus der Umgebung von Diphtheriekranken Vorsicht im Verkehr, namentlich mit Kindern, auferlegen.

Von großer Bedeutung ist die Immunisierung gegen Diphtherie. Aktive Immunisierung von Menschen ist wegen der wechselnden Empfindlichkeit gegenüber dem Diphtherietoxin ausgeschlossen. Wohl aber lassen sich Tiere (Pferde, Affen) durch vorsichtig gesteigerte Gaben von Diphtherietoxin aktiv immunisieren, bis ihr Serum solche Mengen Antitoxin enthält, daß ein kleines Quantum Serum genügt, um Menschen passiv zu immunisieren (v. Behring).

Pferden wird zuerst Diphtherietoxin (3 Wochen alte, 1 Stunde auf 55° erhitzte Bouillonkultur) injiziert, das durch Jodtrichlorid oder Jodlösung oder Antitoxinzusatz abgeschwächt ist. Nach je 3 Tagen allmähliche Steigerung; der Antitoxingehalt des Serums wird fortdauernd geprüft; es muß ein sehr hoher Antitoxingehalt erreicht werden, damit das zur passiven Immunisierung verwendete Serum kein zu großes Volum repräsentiert. — Bei der Prüfung benutzt man in Deutschland die S. 574 geschilderte Mischungsmethode. Früher ging man hierbei aus von einem Diphtherienormalgift, d. h. von einer Giftlösung, welche in 0·01 ccm ausreichend Gift enthält, um ein Meerschweinchen von 250 g in 4—5 Tagen zu töten. 1 ccm dieser Giftlösung ist also = + 25000 M., d. h. kann 100 Meerschweinchen von je 250 g Gewicht töten. Blutserum, von welchem 0·1 ccm die Wirkung von 1 ccm Normalgift aufhebt, bezeichnet man als Normalserum; 1 ccm desselben enthält eine Immunisierungseinheit (I.-E.). Ein hundertfaches Normalserum enthält in 1 ccm 100 I.-E. — Da aber das Toxin nicht einheitlich zusammengesetzt ist, sondern wechselnde Mengen Toxoid und Toxon (s. oben) enthält, benutzt man jetzt ein Normal-Antitoxin als Ausgangspunkt für die Kontrolle, d. h. 2 g trockenes Serum von 1700 I.-E., geschützt gegen Luft, Licht, Feuchtigkeit aufbewahrt, das im Bedarfsfall in einer Glyzerin-Kochsalzlösung gelöst wird. — Betreffs der neuerdings gegen die Mischungsmethode erhobenen Bedenken s. S. 574.

Zur Immunisierung empfiehlt es sich, 100—200 I.-E. zu injizieren. Der Schutz hält 3—4 Wochen an. Gesundheitsstörungen werden nicht beobachtet, außer daß hier und da die Bestandteile des normalen Pferdeserums vorübergehend Urticaria und Gelenkschwellung bewirken (namentlich bei wiederholten Injektionen, da die erste Injektion oft Überempfindlichkeit hinterläßt). — Die Schutzimpfung erscheint angezeigt gegenüber den Familienmitgliedern (namentlich Kindern) des Erkrankten; in größerem Umfange für alle Kinder z. B. bei endemischem Auftreten der Diphherie in kleineren Ortschaften. — Ausgezeichnet bewährt hat sich die möglichst frühe therapeutische Verwendung des Serums (1000—1500 I.-E.).

Einige Autoren vertreten die Ansicht, daß die bakteriologische Untersuchung bei Diphtherieverdacht überflüssig und daß unter allen Umständen Antitoxin zu injizieren sei. Letzteres ist zuzugeben, zumal die Injektion durchaus im frühen Stadium der Erkrankung erfolgen muß und Schädigung nicht hervorruft; daraus folgt aber nicht, daß die ätiologische Aufklärung dann keinen Wert mehr habe und unterbleiben könne. Vielmehr vermag erst der Ausfall der bakteriologischen Untersuchung in vielen Fällen darüber zu entscheiden, ob Isolierung, Desinfektion usw. erfolgen muß oder nicht. Auch nachdem der Kranke Antitoxin bekommen hat, verstreut er virulente Diphtherieerreger, welche die Umgebung und sogar immunisierte Kinder gefährden, da die Erreger viel länger haltbar sind, als der Schutz einer immunisierenden Injektion anhält. Trotz der vollen Berechtigung einer frühzeitigen Serumbehandlung ist daher neben dieser die ätiologische Aufklärung und eine auf diese gegründete Prophylaxe für die Bekämpfung der Diphtherie von größter Bedeutung.

Preußisches Seuchengesetz. Abweichungen von den üblichen Bestimmungen bestehen erstens darin, daß die Polizeibehörde mit der Ermittelung

und Feststellung des ersten Falles in einer Ortschaft nicht den Kreisarzt, sondern einen Arzt (in der Regel den nächsterreichbaren) zu beauftragen hat. Zweitens darf die Überführung von Kindern in ein Krankenhaus gegen den Widerspruch der Eltern nicht angeordnet werden, wenn nach Ansicht des beamteten oder des behandelnden Arztes eine ausreichende Absonderung in der Wohnung sichergestellt ist. — Im übrigen sind Verkehrsbeschränkungen für das Pflegepersonal, Überwachung gewisser Betriebe, Fernhaltung vom Schulbesuch, Desinfektion, Vorsichtsmaßregeln bezüglich der Leichen usw. wie bei den meisten anderen übertragbaren Krankheiten angeordnet. Personen aus der Umgebung des Kranken soll angeraten werden, ihren Rachenschleim bakteriologisch untersuchen zu lassen. Bazillenträger sind auf die Gefahr aufmerksam zu machen, und aufzufordern, daß sie regelmäßig den Rachen mit desinfizierendem Mundwasser ausspülen und ihre Wäsche und Gebrauchsgegenstände reinigen und desinfizieren lassen (Ausführungsbestimmungen).

Die Unterscheidung der Diphtheriebazillen von den namentlich in der Nase häufig vorkommenden „Pseudodiphtheriebazillen", sowie von den auf der Konjunktiva normalerweise in geringerem oder stärkerem Grade wuchernden „Xerosebazillen" siehe im Anhang.

18. Bacillus tuberculosis, Tuberkelbazillus.

Als Tuberkel bezeichnet man kleine gefäßlose Knötchen, deren Bildung mit einer Häufung und Vermehrung großer epitheloider Zellen beginnt; letztere sind meist ein- oder zweikernig, beim Menschen oft vielkernig (Riesenzellen). In der Peripherie entsteht kleinzellige Infiltration durch lymphoide Zellen. Nach einiger Zeit beginnt im Zentrum eine regressive Veränderung (Nekrose Verkäsung), die schließlich zur Erweichung und zum Zerfall des ganzen Knötchens und zur Geschwürs- oder Kavernenbildung führen kann. — Tuberkulose wird beim Menschen am häufigsten in der Lunge beobachtet; seltener am Darm, in der Haut, in Knochen, Gelenken, Lymphdrüsen, Gehirn usw.

Überall, wo der tuberkulöse Prozeß im frischen Vorschreiten begriffen ist (dagegen nicht mehr in den nekrotischen und verkästen Teilen), findet man seit R. Kochs Entdeckung (1882) die Tuberkel-

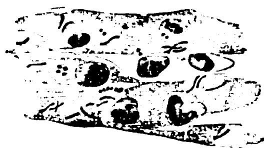

Fig. 174 Sputum mit Tuberkelbazillen (und vereinzelten Diplo- und Streptokokken). 600 : 1.


Fig. 175. Kolonien von Tuberkelbazillen auf Blutserum (nach Koch). 700 : 1.

bazillen, schlanke, meist leicht gekrümmte Bazillen von 1·5—3·5 μ Länge. Sie sind charakterisiert durch das Verhalten gegen Anilinfarben; diese dringen ohne besondere Zusätze schwer in die von einer wachsartigen Hülle umgebenen Tuberkelbazillen ein, dagegen leichter, wenn ihnen Alkali, Anilin oder Karbolsäure zugefügt ist und die Ein-

wirkung längere Zeit hindurch oder bei Siedehitze erfolgt. Die einmal eingedrungenen Farbstoffe haften dann aber sehr fest und widerstehen lange Zeit der Entfärbung z. B. durch Säure (Säurefestigkeit der Tuberkelbazillen). Färbt man zuerst mit alkalischem Farbstoff und läßt dann Säure einwirken, so bleiben alle anderen Bakterien ungefärbt mit Ausnahme der Tuberkelbazillen; die übrigen Bakterien und die Zellkerne können dann mit einer Kontrastfarbe nachgefärbt werden (s. Anhang). — In den gefärbten Bazillen treten oft 2—6 ungefärbte Stellen, sowie stark lichtbrechende Körnchen auf, die aber nicht auf Sporenbildung zu beziehen sind.

Die Kultur der Tuberkelbazillen gelang Koch auf erstarrtem Blutserum, aber nur bei 37° und auch dann zeigte sich erst nach 10—14 Tagen deutliches Wachstum in Form von trockenen Schüppchen und Bröckchen. Da Platten nicht anwendbar sind und da die Kultur so lange Zeit gebraucht, bis die Tuberkelbazillen sich ausbreiten, läßt sich für gewöhnlich kein Material zu Züchtungsversuchen verwerten, welches noch andere saprophytische und schneller wachsende Bakterien enthält; diese okkupieren sonst das ganze Nährsubstrat längst, ehe die Tuberkelbazillen sich zu vermehren beginnen. Am besten geht man daher zum Zwecke der Anlage von Kulturen nicht von Sputum, sondern von Leichenteilen aus, welche mit allen Kautelen entnommen sind, oder noch besser von den Organen getödteter infizierter Tiere. — Neuerdings sind viele Nährsubstrate konstruiert, auf welchen die Tuberkelbazillen schneller und üppiger wachsen. Besonders empfiehlt sich ein Zusatz von 4 Prozent Glyzerin zu Agar oder Bouillon. Ferner wirken Zusätze von Eidotter, Gehirn (Ficker), Nährstoff Heyden (Hessescher Nährboden) günstig. Mit solchen Gemischen gelingt sogar die Kultur aus Sputum von Phthisikern, wenn man den inneren eitrigen Kern des Sputums erst mehrfach in sterilisiertem Wasser abspült und dann auf dem zu Platten ausgegossenen Nährboden ausstreicht. — Auch auf pflanzlichem Nährboden (Kartoffeln) wachsen die Tuberkelbazillen gut; ferner genügt ein künstliches Gemisch, welches nur Ammonsalze, 1·5 Prozent Glyzerin, Wein- oder Milchsäure und Magnesiumsulfat und Kaliumphosphat enthält (Proskauer u. Beck). —

Häufig zeigen die Tuberkelbazillen in den Kulturen Neigung zur Bildung von Fäden mit Verzweigungen und keulenförmigen Enden (s. Streptothricheen). Subdural oder intravenös Kaninchen injiziert, bilden sie actinomycesähnliche Formen.

Mit den Kulturen läßt sich bei Versuchstieren Tuberkulose hervorrufen und damit der sicherste Beweis für die ätiologische Rolle der Tuberkelbazillen führen. Am empfänglichsten sind Meerschweinchen; weniger empfänglich Kaninchen, Hunde, Katzen, manche Vögel (über die Wirkung auf Rinder, Schafe, Schweine und Ziegen s. unten). Die kleinsten Kultur- und Sputumdosen braucht man bei Meerschweinchen bei subkutaner Applikation; ein einziger oder einige wenige Bazillen genügen zur tödlichen Infektion. Nach subkutaner Impfung am Bauche schwellen zunächst die zugehörigen Lymphdrüsen; nach 6—8 Wochen gehen die

abgemagerten Tiere zugrunde; etwa vom 30. Tage an ist die Milz, vom 40. Tage ab die Leber von reichlichen Tuberkeln durchsetzt; in den Lungen finden sich spärliche und am spätesten entwickelte Tuberkel. Fast ebenso kleine Dosen genügen bei Inhalationsversuchen mit versprayten Aufschwemmungen von Kultur oder Sputum (am besten der „Buchnerspray" mit zahlreichen Tröpfchen von 40 μ Durchmesser und weniger). 200 eingeatmete Bazillen, von denen etwa 50 in die feineren Bronchien gelangen, ergeben schon nach 20 Tagen eine Durchsetzung der Lunge mit mehr als stecknadelkopfgroßen Tuberkeln; nach 4—5 Wochen erfolgt der Tod unter ganz vorzugsweiser Beteiligung der Lungenaffektion. Oft beobachtet man Schwellung der Hals- und Mesenterialdrüsen, herrührend von den Anteilen der inhalierten Bazillen, welche im Nasenrachenraum abgefangen und eingewandert oder verschluckt und vom Darm aus vorgedrungen waren. Diese Einwanderung bleibt aber in solchen Fällen ohne weitere Folgen, weil der in die feineren Bronchien und Alveolen gelangte kleinere Anteil der inhalierten Bazillen sehr viel schneller zur tödlichen Lungenaffektion führt. — Inhalation trockenen tuberkelbazillenhaltigen Staubes führt erst bei größeren Dosen und viel unsicherer zur Infektion. — Durch Verfütterung von Nahrung mit Tuberkelbazillen (am leichtesten mit Milch oder wenigstens mit Nahrung von dünnbreiiger Konsistenz) gelingt die Infektion der Versuchstiere ebenfalls, jedoch erst mit sehr viel höheren Dosen als bei den Inhalationsversuchen und mit langsamerem Verlauf der Erkrankung. Stets erkranken hier zuerst die Hals- und die Mesenterial- oder Portaldrüsen. Erst nach etwa 50 Tagen, nachdem aus verkästen Mesenterialdrüsen ein Einbruch in die Blutbahn stattgefunden hat, zeigen die Lungen (und die Abdominalorgane) eine Durchsetzung mit kleinen Tuberkeln. Bei einmaliger Fütterung (in Mohrrübenbrei) beträgt die erforderliche Dosis für Meerschweinchen 10 mg Kultur = 400 Millionen Bazillen, also 10 Millionen mal mehr als bei Inhalation wirksam ist. Durch häufige Wiederholung gelangt man zu kleineren wirksamen Dosen; z. B. infiziert 50malige Verfütterung von 0·1 mg Kultur. Ist ausnahmsweise frühe Lungenaffektion bei Verfütterungsexperimenten erfolgt, so erweckt dies den Verdacht, daß Verschlucken und direkte Aspiration in die Lunge vorgekommen ist. — Bei intravenöser Einverleibung homogener Aufschwemmungen von Tuberkelbazillen versagen kleine Dosen; mittlere bewirken allgemeine Tuberkulose; große erzeugen toxische Effekte und kachektisches Zugrundegehen der Tiere (s. unten). — Für manche Beobachtungen eignet sich besonders die Impfung in die vordere Augenkammer; nach 10 bis 14 Tagen entsteht Iristuberkulose, später allgemeine Tuberkulose.

Die pathogene Wirkung der Tuberkelbazillen beruht hauptsächlich auf der Bildung von Ekto- und Endotoxinen. Die leicht extrahierbaren Ektotoxine, wie sie im Alt-Tuberkulin (s. unten) vorliegen, wirken namentlich fieber- und entzündungerregend; die Endotoxine rufen Nekrose und Verkäsung hervor, und außerdem eine allmähliche Kachexie, welcher Versuchstiere nach Einverleibung größerer Dosen in 2—3 Wochen erliegen. Die Endotoxinwirkungen treten auch nach vorheriger Abtötung der injizierten Bazillen zutage.

Die Tuberkelbazillen sind trotz des Fehlens von Sporen sehr resistent. Austrocknen vertragen sie in Form des Sputums 9 Monate und länger. Dem Übergang in die Luft im lebenden Zustand steht insofern nichts im Wege. Aber das Zerlegen des angetrockneten Sputums in feinste flugfähige Teile gelingt sehr schwierig; meist entstehen nur gröbere Partikel, die für kurze Zeit wohl aufgewirbelt werden, aber sich nicht als schwebende Stäubchen halten können. — Diffuses Tageslicht tötet die Tuberkelbazillen nach 3 Tagen in dünnen Sputumschichten ab, ebenso Sonnenlicht in $^1/_2$ bis 3 Stunden; für dickere Schichten dagegen ist intensivste Besonnung mindestens 20 Stunden lang nötig. — Hitze tötet in Wasser oder Wasserdampf die Tuberkelbazillen ab: bei 85° in 1 Minute, 78° 2 Minuten, 73° 3 Minuten, 70° 5 Minuten, 65° 15 Minuten. — Von chemischen Desinfizientien muß Karbol 5 Prozent 24 Stunden einwirken; Sublimat 5 Promille 2 Stunden. Formaldehyddampf in üblicher Konzentration desinfiziert dünnere Sputumschichten nach vorausgegangener Aufweichung durch Wasserdampf sicher.

Modifikationen und Abarten des Tuberkelbazillus. Der Tuberkelbazillus hat eine relativ große Neigung, auf Änderung der äußeren Bedingungen mit Modifikation seines morphologischen und biologischen Verhaltens zu reagieren. Unter den gleichen Verhältnissen gezüchtet, beobachtet man keine Variierung; wird er von Mensch zu Mensch durch eine unendliche Reihe von Jahren fortgepflanzt, so sind seine Eigenschaften offenbar ebenfalls relativ stabil geworden. Der Körper des Rindes, des Huhns, der Kaltblüter usw. repräsentieren dagegen Existenzbedigungen, die dem an den Menschen angepaßten Bazillus zunächst nicht adäquat sind und an die er sich erst allmählich gewöhnen muß. Ähnlich verhält es sich mit dem fort und fort von Rind zu Rind, von Huhn zu Huhn übertragenen Bazillus. Von größter Bedeutung sind dabei die Zeiträume, innerhalb deren sich eventuell eine neue Ernährungsmodifikation ausbilden kann. Hierüber ist leider wenig Sicheres bekannt; je nach der Herkunft der Stämme und dem Grade der Abweichung des neuen Substrats werden die Ergebnisse auch sehr verschieden ausfallen. — Folgende Typen lassen sich unterscheiden (Koch & Schütz, Kossel, Weber):

1. Bazillen der Rindertuberkulose, Typus bovinus. Bewirken die Perlsucht des Rindes, Tuberkulose der Schweine, Schafe, Ziegen usw. Die Unterschiede zwischen Typus humanus und bovinus sind folgende:

Typus humanus:	Typus bovinus:
Schlanke, gleichmäßige Bazillen.	Bazillen dicker, plumper; unregelmäßige Formen.
In Kulturen nach 10—20 Tagen reichliches Wachstum, dickes Häutchen über ganze Fläche.	Langsamer und spärlicher wachsend; nicht konfluierend oder nur schleierartige Häutchen.
Meerschweinchen sterben nach subkutaner Impfung nach 6—8 Wochen.	Meerschweinchen sterben nach 3 bis 5 Wochen.
Subkutane Injektion (oberhalb der Faszie) bei Kaninchen bewirkt nur lokalen Abszeß, keine allgemeine Tuberkulose.	Subkutane Injektion bei Kaninchen bewirkt nach 8 Wochen Tod an allgemeiner Tuberkulose.
Bei Rindern nur lokale Reaktion.	Rinder fiebern vom 10. Tage an, gehen nach 60—300 Tagen an allgemeiner Tuberkulose ein.

2. Bazillen der Geflügeltuberkulose. Morphologisch noch pleomorpher als der Perlsuchtbazillus. Wachsen noch gut bei 45—50°. Rascher wachsend, feuchter Belag. Meerschweinchen sind nahezu unempfänglich. Vielfach Abweichungen vom Typus (Rabinowitsch).

3. Bazillen der Kaltblütertuberkulose. Bei Fischen gefunden, auf Frösche, Blindschleichen usw. übertragbar. Wachsen schon bei 20°, ein Stamm aus Schildkröte auch bei 37° (Friedmann), Warmblüter refraktär.

4. Saprophytische säurefeste Bazillen. In Akererde, auf Gräsern (Timothee); von da in Kuhexkremente, Milch, Butter übergehend (Moeller). Verschiedene Abarten; alle bei 20° gut wachsend; feuchter Belag, oft gelb oder rötlich. Nach Injektion größerer Mengen, namentlich bei Gegenwart von Fett (Butter) entstehen bei Meerschweinchen Tuberkulose-ähnliche Affektionen, jedoch nicht bei Impfung in die vordere Augenkammer (Herr).

Daß alle diese Abarten des Tuberkelbazillus nahe verwandt sind, das ergibt sich erstens schon daraus, daß das Serum der mit einer dieser Abarten behandelten Tiere auf aufgeschwemmte fein zerriebene Tuberkelbazillen präzipitierend wirkt; zweitens daraus, daß die mit den verschiedenen Bazillen behandelten Tiere alle auf Tuberkulin reagieren. — Trotzdem würde es nach allen Erfahrungen nicht richtig sein, wollte man plötzliche, unter unseren Augen sich vollziehende Übergänge der einen Abart in die andere annehmen.

Epidemiologie. Die Tuberkulose ist in der gemäßigten Zone die verbreitetste Infektionskrankheit; 12 Prozent aller Todesfälle, etwa 30 Prozent aller Todesfälle im Alter von 15—60 Jahren, sind durch Phthise bedingt; zahlreiche Todesfälle kommen außerdem durch Darmtuberkulose, Hirntuberkulose usw. vor. In Deutschland sterben auf 10000 Lebende im Alter von 0—2 Jahren = 23, im Alter von 2 bis 15 Jahren = 9, im Alter von 15—40 Jahren = 26, im Alter von 50—70 Jahren = etwa 60 an Tuberkulose. Die Zahl der vom Tuberkelbazillus Infizierten ist noch viel bedeutender; in mehr als der Hälfte aller Leichen — bei einem gewissen Industriebetrieben entstammenden Sektionsmaterial sogar in 90 Prozent — findet man tuberkulöse Herde, die Mehrzahl in ausgeheiltem Zustand. Die Krankheit ist für die sozialen Verhältnisse um so bedeutsamer, als sie so chronisch

verläuft und gewöhnlich bereits sehr lange vor dem Tode die Kranken erwerbsunfähig macht. — Der ursprüngliche Erreger der Tuberkulose ist stets der Tuberkelbazillus. In vorgeschrittenen Stadien der Phthise sind andere Bakterien, namentlich Streptokokken, Influenzabazillen, Pneumokokken usw., an dem Zerstörungswerk und an den Symptomen (hektisches Fieber) wesentlich beteiligt.

Infektionsquellen. In erster Linie kommt der erkrankte Mensch in Betracht. Jeder Phthisiker liefert während der langen Dauer seiner Krankheit große Mengen von tuberkelbazillenhaltigem Sputum, das auf den Fußboden gespuckt oder ins Taschentuch aufgenommen und teilweise an Kleider und andere Gegenstände verschmiert wird. Mit frischem feuchten Sputum können durch Berührungen und Einführen der Finger in den Mund Gesunde infiziert werden. Ganz besonders sind in der ärmeren Bevölkerung und bei unreinlichen Gewohnheiten Kinder exponiert, die auf dem Fußboden kriechen, alles anfassen und die Finger fortgesetzt in den Mund stecken (Schmutz- und Schmierinfektion). Bei Wohlhabenden und Reinlichen kommt diese Art der Infektion wenig oder gar nicht in Betracht, ebenso bei allen Erwachsenen. Gelegentliche, nicht öfter wiederholte Transporte kleiner Sputummengen bewirken keine Infektion, weil die erforderliche Dosis für stomachale und intestinale Infektion zu hoch liegt.

Nach dem vollständigen Eintrocknen und Zerkleinern des Sputums können flugfähige Stäubchen entstehen, die in die Luft übergehen. Jedoch kommt es schwer zur Bildung von feinsten, zu längerem Schweben und zur Inhalation geeigneten Partikeln; und selbst zur Infektion auf dem Inhalationswege — geschweige denn auf dem Kontaktwege — bedarf es ziemlich großer Dosen trockenen Sputumstaubes. — Wird der Auswurf in irgend einem Spucknapf aufgefangen, so erleidet er eine für die Inhalation geeignete Zerkleinerung niemals. Diese erfolgt vielmehr nur dann, wenn das Sputum auf den Fußboden oder Teppich gerät, dort eintrocknet, von den Füßen fein zerrieben und dann durch Klopfen, Fegen u. dgl. aufgewirbelt wird; oder dadurch, daß Sputumteile in Taschentücher oder an Kleider geraten, hier antrocknen und durch Hantierungen, an leichtesten Stofffasern haftend, abgelöst werden und in die Luft übergehen (Cornet). Sehr selten sind diese infektiösen Stäubchen so leicht, daß sie längere Zeit in der Luft schweben; eine dauernde Beladung der Luft kommt nur da zustande, wo mechanische Erschütterungen und stärkere Luftbewegung immer wieder die Staubpartikel in die Luft überführen. Infektionsgefahr wird daher von dieser Seite nur drohen in einer Wohnungsluft mit grob sicht-

barem Staub, der sich bis zu Kopfhöhe erhebt; fehlt es an solcher Staubbildung, so ist der Gehalt der oberen Luftschichten an trockenen Sputumteilchen selbst in Räumen, in denen sich Phthisiker aufhalten, äußerst gering und bietet kaum Infektionschancen.

Von großer Bedeutung ist das aus sehr zahlreichen Untersuchungen hervorgehende Ergebnis, daß tuberkelbazillenhaltiger Staub trotz der großen Verbreitung der Phthise nicht etwa ubiquitär in der Luft aller Straßen, Verkehrsmittel, Arbeitsräume sich findet, wo sich Phthisiker gelegentlich aufhalten. Straßenstaub kann zweifellos Tuberkelbazillen enthalten; aber hier tritt, wenn Staubaufwirbelung erfolgt, im allgemeinen sogleich eine solche Verdünnung ein, daß die Passanten einer ernstlichen Gefahr nicht ausgesetzt sind (s. S. 98). Erst durch eine Häufung von Phthisikern auf begrenztem Terrain (Kuranstalten) und rücksichtslose Entleerung des Sputums auf den Boden können vielleicht im Freien Infektionschancen geschaffen werden. — In geschlossenen, der staubaufwirbelnden Kraft des Windes entzogenen Räumen mit viel Menschenverkehr ist die Luft in Kopfhöhe selten infektiös. Es geht dies aus der Untersuchung des in Kopfhöhe abgelagerten lockeren Staubes derartiger Räume mit aller Bestimmtheit hervor. Zahlreiche Proben aus Wartesälen, Bureaux, Fabriken, Straßenbahnwagen usw. ergaben durchaus negative Resultate bezüglich des Gehalts an Tuberkelbazillen. Selbst in engen Wohnungen von Phthisikern wurden unter 60 Proben von Staub, der in mindestens 1 Meter Höhe abgelagert war, keine Tuberkelbazillen gefunden; und nur in Phthisiker-Krankensälen war unter 60 Proben dreimal der Staub tuberkelbazillenhaltig (Heymann, Gotschlich).

Außerdem verstreut der Phthisiker beim Husten feine (40 μ und weniger messende) tuberkelbazillenhaltige Exkrettröpfchen und mengt diese der ihn umgebenden Luft bei. Auf Glasplatten, die in 50—80 cm Entfernung vor dem Hustenden aufgehängt werden, lassen sich diese Tröpfchen und die in ihnen enthaltenen Tuberkelbazillen mikroskopisch nachweisen. Sie finden sich periodisch bei jedem Phthisiker, zuweilen in großer Menge, ausnahmsweise bis zu 20000 Tuberkelbazillen, oft 20—400 Tuberkelbazillen in $^1/_2$ Stunde, also zweifellos in einer für die Infektion ausreichenden Menge (s. oben). Die Hauptmenge von Tröpfchen findet sich in der Luft aus der nächsten Nähe des Kranken; 80 cm vom Hustenden entfernt sind nur noch selten vereinzelte Tuberkelbazillen nachweisbar. Die Menge der in dieser Form verstreuten Tuberkelbazillen ist um so größer, je mehr der Kranke hustet, je reicher das Sputum an Tuberkelbazillen ist, und je mehr die Art des Patienten zu husten, eine Verstreuung befördert. Die abgesetzten Tröpfchen können, wenn sie auf

feinen Staub geraten, diesen infektiös machen; jedoch wird dadurch der Gehalt der Luft an Tuberkelbazillen kaum jemals erheblich.

Die Gefahr, Tröpfchen mit Tuberkelbazillen gelegentlich durch Inhalation aufzunehmen und sich auf diese Weise zu infizieren, muß sehr groß für diejenigen Menschen sein, welche sich dauernd in der Nähe eines stark hustenden und verspritzenden Phthisikers befinden. Die phthisische Mutter wird bei der fortgesetzten Pflege ihres Kindes dieses fast sicher durch Tröpfchen infizieren. Daneben können auch Kontakte wirksam sein; aber meist wird die Inhalationstuberkulose sich rascher ausbilden als die Infektion auf irgend einem anderen Wege. Bei Ehegatten und sonstigen Familienmitgliedern wird die Gefahr der Tröpfcheninfektion ganz davon abhängen, inwieweit ein dauernd naher Verkehr besteht. Auch Arbeiter, Bureaubeamte usw. können unter Umständen durch Tröpfcheninfektion gefährdet sein, ebenso Schüler, die in der Nähe des phthisischen hustenden Lehrers sitzen. Kurzes, gelegentliches Zusammensein führt wohl niemals zur Inhalation der zur Infektion nötigen Mengen von Tröpfchen, zumal wenn man sich nicht direkt im Bereich der Hustenstöße hält.

Außer den aufgezählten vom erkrankten Menschen stammenden Infektionsquellen sind weitere Infektionsgelegenheiten von größerem Umfang gegeben in der Milch (Butter) tuberkulöser Kühe und im Fleisch tuberkulöser Tiere. In der Milch und in der aus dieser hergestellten Butter finden sich sehr große Mengen von Tuberkelbazillen, wenn Eutertuberkulose vorliegt; ist dies nicht der Fall, so wird die Milch nur in geringem Grade durch tuberkelbazillenhaltige Kotteilchen infiziert. Die Tuberkelbazillen gelangen bei der Verarbeitung zu einem großen Teile in Sahne, Butter, Magermilch; die Butter erscheint dadurch, daß sie roh genossen wird, besonders gefährlich. Indes gewährt die hohe Dosis, in welcher intestinale Infektion erst zu positiven Resultaten führt, doch einen gewissen Schutz; und dieser wird wohl noch verstärkt durch die vermutlich häufig vorhandene geringere Virulenz der Perlsuchtstämme gegenüber dem Menschen. Dementsprechend finden die pathologischen Anatomen primäre Tuberkulose der Abdominalorgane nur selten, auch bei Kindern. Es ist allerdings möglich, daß ein latenter Aufenthalt der vom Rachen oder Darm aus aufgenommenen Tuberkelbazillen in irgendwelchen Drüsen statthat, von denen aus erst bei später Gelegenheit vorschreitende Tuberkulose sich entwickelt. Derartige Vorkomnisse wird man kaum in Abrede stellen können. Aber der Umfang, in dem sie sich an der Verbreitung der Tuberkulose beteiligen, ist offenbar kein erheblicher; denn alle Enquêten in Ländern oder Bevölkerungsklassen, wo Milch und Milchprodukte gar

nicht verzehrt werden (Japan, Türkei, Grönland, die Berber in Ägypten usw.), zeigen, daß trotzdem ungefähr die gleiche Frequenz an Tuberkulose vorhanden ist, wie da, wo Milch reichlich genossen wird.

Versucht man die Gefahr, welche die verschiedenen Infektionsgelegenheiten, unter Berücksichtigung der im Tierexperiment festgestellten leichteren oder schwierigeren Gangbarkeit der Infektionswege, bei der natürlichen Verbreitung der menschlichen Tuberkulose bieten, genauer quantitativ abzuschätzen, so mögen die Kontakte mit frischem Sputum vielleicht 10—20 Prozent, bei Kindern in engen unreinlichen Wohnungen das Doppelte; Milch- und Butterinfektion höchstens 10 Prozent der Übertragungen ausmachen. Der Rest entfällt vermutlich auf Inhalation namentlich tuberkelbazillenhaltiger Tröpfchen. Indessen ist zu bedenken, daß es nicht möglich ist, allgemein gültige derartige Zahlen aufzustellen, da die Infektionsgelegenheiten nach Sitten und Gebräuchen, Wohlhabenheit, Alter usw. stark variieren.

Individuelle Disposition. Die überaus verbreitete Empfänglichkeit des Menschen gegenüber der Tuberkulose erhellt aus einigen neueren Statistiken (Nägeli, Burckhardt) über die Befunde bei Sektionen, die mit möglichster Sorgfalt ausgeführt sind. Z. B. fanden sich unter 1262 Sektionen von Menschen zwischen dem 18.—60. Lebensjahre nur 9 Prozent ganz frei und 37·5 Prozent nur mit Residuen einer inaktiven latenten Tuberkulose. Bei 37 Prozent war letale und bei 16·5 Prozent latente, aber aktive Tuberkulose vorhanden. Infektion war also bei 90 Prozent erfolgt; die Höhe dieser Ziffer erklärt sich aber aus dem verarbeiteten Krankenhaus-Material, von dem man in der Tat annehmen kann, daß es fast durchweg der Infektion exponiert war. Über 50 Prozent der Infizierten waren zweifellos disponiert; und auch unter den 37·5 Prozent mit inaktiver schließlich ausgeheilter Tuberkulose sind gewiß noch viele, die zeitweise disponiert waren; denn wir sehen oft, daß bei chronischem Verlauf der Phthise die Empfänglichkeit starken zeitlichen Schwankungen unterworfen ist. — Für die Erkennung der Disposition zu Phthise im Einzelfall haben wir wenig Anhaltspunkte. Lymphatische Konstitution, chronische Bronchialkatarrhe, Diabetes bedingen zweifellos einen gewissen Grad von Empfänglichkeit. Besondere äußere Kennzeichen, wie Thoraxform u. dgl. finden sich nur bei dem kleineren Teil der Phthisiker. Brehmer hat aus seinen Erfahrungen abgeleitet, daß Menschen mit relativ kleinem Herzen und voluminöser Lunge (so daß die Blutversorgung und Ernährung der Lunge auf Schwierigkeiten stößt) disponiert sind.

Vielfach wird Armut, enges Wohnen, kurz schlechte soziale Lage als disponierend, ja als ausschlaggebend für das Auftreten der Krankheit

bezeichnet. Unter diesen Verhältnissen ist aber auch die Gelegenheit zur Infektion sehr erhöht, so daß vielleicht auf diese die stärkere Frequenz in erster Linie zurückzuführen ist. Außerdem kommt aber Phthise auch unter besten sozialen Verhältnissen immer noch häufig vor, wie die Überschwemmung der vielen Kurorte und Privatsanatorien mit Phthisikern zeigt. Der zweifellos vorhandene Einfluß der sozialen Lage sollte nicht überschätzt werden.

Da die Empfänglichkeit für Phthise vorläufig einen so unbekannten Faktor darstellt, mit dem sich in keiner Weise rechnen läßt, ist die oft gehörte Behauptung ganz falsch, daß es beruhigend wirken muß, wenn man annimmt, daß die Tuberkelbazillen ubiquitär verbreitet sind und von jedem aufgenommen werden, daß aber für die Erkrankung nur die Disposition entscheidend ist. Eine Ubiquität besteht gar nicht; die Tuberkelbazillen sind nicht allgemein, gleichsam saprophytisch verbreitet, sondern stets an den Bereich des phthisischen Menschen und an den nahen Verkehr mit diesem gebunden. Sind aber sehr zahlreiche Phthisiker vorhanden und ist in manchen Kreisen der nahe Verkehr mit dem Phthisiker fast für niemand zu meiden, so ist die Ansteckungsgefahr zwar sehr ausgebreitet, aber nach wie vor bildet der kranke Mensch das Zentrum, und wo dieser zufällig fehlt, fehlt auch die Gelegenheit zur Infektion. Ubiquitäre Verbreitung liegt also nicht vor. Könnten wir uns aber wirklich vor dem Bazillus überhaupt nicht schützen und wären ganz auf die „Disposition“ angewiesen, so wäre uns damit in keiner Weise geholfen. Denn wir kennen absolut kein Mittel, um eine sichere und dauernde Unempfänglichkeit unseres Körpers herzustellen oder auch nur uns darüber zu vergewissern, ob denn ein Körper empfänglich ist oder nicht. Dagegen können wir tatsächlich gegen die Infektionsgefahr, eben weil sie nicht ubiquitär ist, vieles tun und dadurch wirksamen Schutz verschaffen. — Der einzige Weg, auf dem sich bezüglich einer Beeinflussung der Empfänglichkeit vielleicht etwas erreichen läßt, ist die Herstellung einer spezifischen Immunität gegen Tuberkulose durch Einverleibung spezifischer Antigene oder Antikörper; hierüber siehe unten.

Bezüglich der örtlichen und zeitlichen Disposition ist bereits S. 62 und 72 die völlige Immunität großer Höhen, die relative Immunität mäßiger Höhen und der Seeküsten, sowie die Akme der Todesfälle im Winter und Frühjahr hervorgehoben und erläutert. Im übrigen treten zwischen einzelnen Ländern, Provinzen und Städten noch vielfach Differenzen hervor, die aber keineswegs auf Einflüsse der Bodenbeschaffenheit usw. hindeuten, sondern in Verschiedenheiten der

Dichtigkeit der Bewohnung, der Wohlhabenheit, der Beschäftigungsweise usw. ihre volle Erklärung finden.

Bekämpfung der Tuberkulose. Nachdem die neueren Untersuchungen mit voller Deutlichkeit gezeigt haben, daß — abgesehen von Milch und Butter, deren Unschädlichmachung als Infektionsquellen bereits früher (s. S. 207) besprochen wurde — vorzugsweise der Kranke durch die von ihm beim Husten verspritzten Tröpfchen und durch sein frisches oder unter Umständen in flugfähigen Staub verwandeltes Sputum die wesentlichste Infektionsgefahr bietet, muß auch die Bekämpfung der Phthise sich in erster Linie gegen den Kranken wenden.

Wie bei anderen kontagiösen Krankheiten kommt zunächst die Erkennung der Krankheit, dann die Meldepflicht und die Isolierung des Kranken in Frage. Zur Erkennung dient namentlich der mikroskopische Nachweis von Tuberkelbazillen im Sputum, eventuell unter Zuhilfenahme der Homogenisierung des von mehreren Tagen gesammelten Auswurfs; ferner die subkutane Injektion von Kochs Tuberkulin (mit Dosen unter 1 mg zu beginnen). Letztere Probe ist kürzlich von v. Pirquet in Form der „Cutireaktion" (Aufträufeln von Tuberkulin auf skarifizierte Hautstelle), von Calmette in Form der „Ophthalmoreaktion" (1 Tr. 1 prozentiger Tuberkulinlösung auf die Konjunktiva empfohlen); Resultate sind noch unsicher. — Serodiagnostik hat bisher keine praktisch verwertbaren Ergebnisse geliefert; am ehesten noch in der Form der Präzipitinwirkung gegenüber dünnen Aufschwemmungen von fein zerriebenen Tuberkelbazillen (Koch), die namentlich bei der Behandlung als Kontrolle benutzt werden kann. — Ist Tuberkulose festgestellt, so läßt sich zwar nicht für jeden Fall von beginnender, wieder ausheilender oder sich über viele Jahre hinziehender Phthise die Meldepflicht und die Isolierung des Kranken verlangen. Aber doch wäre es von allergrößter Wichtigkeit, wenn wir eine gesetzliche Handhabe bekämen, um in solchen Fällen, wo der Phthisiker in evidentem Maße eine Gefahr für seine Umgebung bildet, besondere Vorsichtsmaßregeln in Anwendung zu ziehen. Diese könnten in zeitweiser tunlichster Isolierung bestehen; oder in dem Untersagen einer Tätigkeit, durch welche er zahlreiche Menschen mit Ansteckung bedroht (Lehrer); oder wenigstens darin, daß der Kranke angehalten wird, das Anhusten seiner Mitbewohner zu unterlasen und das Sputum vorschriftsmäßig zu sammeln und zu desinfizieren; endlich darin, daß die von dem Phthisiker verlassene Wohnung und dessen Kleidung desinfiziert wird. Vor allem wird es erforderlich sein, Asyle für vorgeschrittene Stadien zu gründen und durch deren Ausscheidung die schlimmsten Infektionsquellen nach und nach zu beseitigen. In Norwegen ist man bei der

Durchführung eines derartigen gesetzlich sanktionierten Vorgehens auf keine erheblicheren Schwierigkeiten gestoßen. — Zu einem Teil ist in Deutschland die erforderliche Isolierung verwirklicht durch die zahlreichen Lungenheilstätten, die einen großen Prozentsatz der infektiösen Kranken aussondern, den Verlauf der Erkrankung günstig beeinflussen und die Kranken zu einem Verhalten erziehen, durch das die Gefahr für die Umgebung erheblich herabgemindert wird. — Auch Rekonvaleszentenheime, ländliche Arbeiterkolonien nehmen einen Teil der bereits gebesserten Phthisiker auf und sorgen dafür, daß der Verstreuung des meist noch vorhandenen Kontagiums vorgebeugt wird. Einen ähnlichen Zweck erfüllen die Walderholungsstätten, in denen Phthisiker sich den ganzen Tag über aufhalten und wo sie ebenfalls ein die Gefahr für ihre Umgebung möglichst herabsetzendes Verhalten erlernen. Nach dem „Bericht des Deutschen Zentral-Komitees zur Errichtung von Heilstätten für Lungenkranke“ sind in Deutschland jetzt 92 Volksheilstätten, 10 Invalidenheime, 2 ländliche Kolonien, 16 Kinderheilstätten für tuberkulöse Kinder, 67 Kinderheilstätten für Vortuberkulose, Skrofulose usw., 67 Tages-Erholungsstätten in Betrieb. — Außerdem bestehen in Deutschland 117 Polikliniken (Dispensaires) für Lungenkranke, die mit einer Fürsorgestelle verbunden sind. Hier sollen nach der poliklinischen Feststellung des Leidens die häuslichen Verhältnisse des Patienten ermittelt werden, und falls die Gefahr der Kontagiumverstreuung erheblich befunden wird, sucht man entweder den Kranken in eine der vorgenannten Anstalten zu überführen, oder sorgt dafür, daß Betten, Wäsche, Spucknäpfe usw. unentgeltlich geliefert, daß für die Kinderpflege, Reinigung usw. Hilfskräfte gestellt, Kinder event. zeitweise in anderen Familien untergebracht werden; dazu kommt eine fortgesetzte Belehrung des Kranken über ein zweckentsprechendes Verhalten; in besonderen Fällen werden auch Mittel gewährt, um ein Zimmer zuzumieten. Offenbar kann durch diese Einrichtungen der Ausstreuung des Kontagiums sehr wirksam entgegengearbeitet werden.

Gegen die einzelnen Infektionsgelegenheiten muß in der Weise vorgegangen werden, daß zunächst bezüglich des Auswurfs Warnungen vor dem Entleeren auf den Fußboden von geschlossenen Räumen erlassen werden (auch in Restaurants, Wartehallen, Bahnwagen usw.); auf der Straße ist ein solches Verbot schwer durchzuführen und nicht entfernt von gleicher Bedeutung, weil hier ernste Infektionschancen durch den Auswurf doch nicht zustande kommen. In geschlossenen Räumen sollen stets Spucknäpfe zur Aufnahme des Auswurfs bereit stehen. Meistens schreibt man die Füllung der Spucknäpfe mit Wasser, Karbolsäure u. dgl. vor und warnt vor trockener Füllung. Diese Warnung

ist unbegründet; zu einem Verstäuben von Tuberkelbazillen aus einem Spucknapf heraus kommt es auch bei Füllung mit Sand, Kaffeesatz, Lohe, Sägespähnen u. dgl. nachweislich niemals, außer wenn man unnatürlichste Versuchsbedingungen einführt. Trockene Füllung ist aus praktischen Gründen sogar meist vorzuziehen. — Die Entleerung, Desinfektion und Reinigung der Spucknäpfe bereitet viel Schwierigkeiten. Eine wirksame Desinfektion erfolgt nur durch starke (5 promill.) Sublimatlösung; ferner durch Kochen (Kirchners Sputumdesinfektor). Einfacher, billiger und für das Personal angenehmer ist die Verwendung von verbrennbaren Karton-Spucknäpfen (von Fingerhut & Co. in Breslau zu verschiedensten Preisen geliefert). — Ist ein Spucknapf nicht erreichbar, so soll der Kranke entweder ein Spuckfläschchen (nach Knopf oder Dettweiler) bezw. ein verbrennbares Kartonspuckfläschchen benutzen; oder der Auswurf ist ausnahmsweise in das Taschentuch zu entleeren. Die hierzu verwendeten Taschentücher, ebenso die Tücher, welche bei heftigem Husten vor den Mund gehalten, oder mit welchen Sputumreste von Mund und Bart abgewischt waren, sind höchstens einen Tag zu benutzen, weil sonst solches Austrocknen stattfinden kann, daß sich Fasern mit trockenen Sputumteilchen leicht ablösen. Die Taschentücher sind demnächst zu desinfizieren. Empfehlenswert ist die tunlichste Benutzung von Papiertaschentüchern (bei Fingerhut & Co. 10 Stück für $3^1/_2$ Pfg.), die nach dem Gebrauch verbrannt werden. — Sputumreste finden sich bei den meisten Kranken noch an den Kleidern (Tascheneingang) und an den Fingern. Letztere sind so häufig als möglich (unbedingt nach merklicher Beschmutzung mit Sputum) zu reinigen; die Kleider sind von Zeit zu Zeit zu desinfizieren (Formalinschrank). — Selbstverständlich ist ferner Staubentwickelung in Räumen mit Phthisikern nach Möglichkeit zu vermeiden; die Reinigung ist stets feucht vorzunehmen; statt der Teppiche sollen abwaschbare glatte Auflagen den Fußboden bedecken. — Von Phthisikern verlassene Wohnungen (Bureaux) sind nach den oben gegebenen Vorschriften zu desinfizieren.

Die Tröpfcheninfektion soll dadurch vermieden oder möglichst eingeschränkt werden, daß der Phthisiker sich während der Hustenstöße auf Armlänge von anderen Menschen fernhält und den Kopf von diesen abwendet oder das Taschentuch vor den Mund hält. In Arbeitsräumen, Bureaux u. dgl. betrage der Abstand zwischen den Köpfen der Arbeitenden mindestens 1 Meter. An Schreibpulten läßt sich eine trennende Glaswand von $^1/_2$ Meter über Kopfhöhe zwischen den einander gegenübersitzenden Schreibenden anbringen, zwischen benachbarten Arbeitern seitlich trennende Zwischenwände. — Auch im

Krankenzimmer ist die Abgrenzung des Bettes durch einen durchsichtigen oder undurchsichtigen glatten Vorsetzer oft von Vorteil. Die Hauptsache bleibt indes immer die richtige Erziehung des Kranken zu einem die Umgebung möglichst wenig gefährdenden Hustenmodus und zu vorschriftsmäßiger Beseitigung des Sputums.

In dieser Weise kann der Kampf gegen die Ausstreuung des Kontagiums zweifellos außerordentlich wirksam geführt werden; und die Vorstellung, als ob man wegen der zu großen Verbreitung der Infektionsquellen auf deren Bekämpfung besser ganz verzichten müsse, ist sicher eine durchaus irrige.

Eine Bekämpfung der Disposition kann nicht, wie vielfach behauptet wird, in der Weise geschehen, daß die allgemeine Resistenz des Körpers gegen Infektionskrankheiten durch hygienische Lebensweise möglichst erhöht wird. Damit ist bei der Tuberkulose um so weniger geholfen, als eine fast das ganze Leben hindurch dauernde Bedrohung durch das Kontagium vorliegt und also fortgesetzt eine völlige Intaktheit aller Schutzvorrichtungen des Körpers erhalten werden müßte. Eine solche gründliche Besserung der Gesundheit und der Seuchenfestigkeit in breitesten Schichten der Bevölkerung ist selbst von einer total veränderten sozialen Lage nur unvollkommen zu erwarten. Abhilfe gegen eine einzelne Infektionskrankheit und speziell gegen Tuberkulose innerhalb absehbarer Zeit kann uns im wesentlichen nur die spezifische Immunisierung gewähren.

In dieser Richtung sind in der Neuzeit sehr zahlreiche Versuche angestellt, über welche hier nur eine orientierende Übersicht gegeben werden kann:

Aktive Immunisierung ist zunächst bei landwirtschaftlichen Nutztieren (Kälbern, Rindern) versucht durch intravenöse Injektion von Geflügeltuberkulose (Grancher, Babès); durch Kaltblütertuberkulose (Moeller), Schildkrötentuberkulose (Friedmann), säurefeste Saprophytenstämme (Klemperer), abgeschwächte Perlsuchtbazillen (Aronson), in subkutan einverleibten Kollodiumsäckchen (Heymans). In größerem Umfang versucht sind namentlich humane Stämme, der Bovovaccin v. Behrings und der Impfstoff Tauruman (Koch & Schütz). — Erneute Prüfungen im Kaiserlichen Gesundheitsamt haben ergeben, daß die Immunisierung nach all diesen Methoden keinen hinreichend hohen Grad erreicht; die Immunität auch gegenüber der natürlichen Infektion erlischt spätestens nach 1 bis $1^1/_2$ Jahren. Die Versuche können daher noch nicht als abgeschlossen angesehen werden. — Roux & Vallée, Calmette u. a. haben neuerdings lokale Immunisierung des Darms durch Verfütterung von Vaccins versucht.

Beim Menschen sind Versuche zu aktiver Immunisierung gemacht a) mit lebenden Kulturen. MOELLER experimentierte an sich mit Kaltblüterbazillen; Perlsuchtbazillen wurden von BAUMGARTEN und von KLEMPERER (an sich selbst) versucht. Inwieweit ein Schutz erreicht wurde, läßt sich nicht feststellen. b) Kulturextrakte. Hierher gehört zunächst das KOCHsche Alt-Tuberkulin; im wesentlichen ein Glyzerin-Wasser-Extrakt aus 7 Wochen alten Kulturen. Dasselbe hat — außer der diagnostischen Erkennung der Tuberkulose — bei einer mit kleinsten Dosen beginnenden und lange fortgesetzten Therapie nach allen neueren Berichten in frühen Stadien der Krankheit ausgezeichnetes geleistet.

Das KOCHsche Neu-Tuberkulin ist auf die Erwägung gegründet, daß bei der oberflächlichen Extraktion, die man zur Herstellung des Alt-Tuberkulins anwendet, die wirksamen Antigene der Leibessubstanz nicht genügend aufgeschlossen werden. Es sollen daher die ganzen Kulturen getrocknet und dann trocken sehr fein verrieben werden; durch Aufschwemmen in Wasser und Zentrifugieren erhält man dann zwei Schichten, oben (TO) die löslichen Bestandteile, unten (TR) den unlöslichen Rückstand; unter Umständen ist gerade letzterer von Bedeutung; mit ihm erzielt man die relativ weitgehendste Immunität bei Versuchstieren. Auch die kombinierte Anwendung beider Anteile in Form einer Emulsion der zerriebenen Bazillen wird mit Erfolg angewendet.

Ähnliche Präparate sind von LANDMANN, BUCHNER, HAHN, MARAGLIANO hergestellt; das Bestreben ist dabei stets darauf gerichtet, die wirksamen Antigene aus der Leibessubstanz der Tuberkelbazillen möglichst aufzuschließen und zu verwenden. v. BEHRING hat für den Menschen (Säugling) verschiedene Impfstoffe empfohlen, zuletzt die Tulase und Tulaselaktin, von denen die einen therapeutisch, die anderen mehr zur Immunisierung (deren Zustandekommen beim Menschen sich aber nicht prüfen läßt) Verwendung finden sollen. SPENGLER empfiehlt besonders einen von ihm aus Perlsuchtbazillen hergestellten Impfstoff.

Zur passiven Immunisierung und namentlich Serumtherapie wird von manchen Klinikern ein Serum benutzt, das nach MARAGLIANOS Vorschrift von Pferden gewonnen ist, die mit Toxalbuminen der Tuberkelbazillen und Tuberkulin vorbehandelt waren; ferner das MARMOREKsche Serum, von Pferden, die mit den Antigenen ganz junger Tuberkelbazillen behandelt sind.

Alle diese Verfahren sind wesentlich therapeutisch von Bedeutung und ihre Beurteilung fällt dem Kliniker zu. Eine dauerhafte Immunisierung ist zurzeit nicht einmal bei Tieren und selbst nicht auf aktivem Wege mit eingreifend wirkenden Vaccins möglich — geschweige denn beim Menschen, dessen Empfänglichkeit gegen Tuber-

kulose offenbar besonders groß ist, bei dem meist auch das Überstehen schwerer tuberkulöser Erkrankungen keine dauernde Immunität hinterläßt, und bei dem das Experiment der absichtlichen Infektion nicht angewendet werden kann, das allein imstande wäre, über den Grad der erzielten Immunität bestimmte Auskunft zu geben.

Preußisches Seuchengesetz. Die Todesfälle an Lungen- oder Kehlkopftuberkulose sind meldepflichtig. Es kann in diesen Fällen Desinfektion der Wohnung des Verstorbenen angeordnet werden. — Diese Bestimmungen genügen den oben begründeten Desideraten nicht. Durch die Ministerialverfügung vom 9. Juli 1907 wurden sie wenigstens für die Schulen noch in folgender Weise ergänzt:

§ 4. Lehrer und Schüler, welche an Lungen- und Kehlkopftuberkulose leiden, dürfen, wenn und solange Tuberkelbazillen in dem Auswurf enthalten sind, die Schulräume nicht betreten.

§ 10. Es ist darauf zu halten, daß Lehrer und Schüler, welche unter Erscheinungen erkrankt sind, die den Verdacht der Lungen- und Kehlkopftuberkulose erwecken, — Mattigkeit, Abmagerung, Blässe, Hüsteln, Auswurf usw. — einen Arzt befragen und ihren Auswurf bakteriologisch untersuchen lassen. — Es ist Sorge dafür zu tragen, daß in den Schulen an geeigneten Plätzen leicht erreichbare, mit Wasser gefüllte Speigefäße in ausreichender Anzahl vorhanden sind. Das Spucken auf den Fußboden der Schulzimmer, Korridore, Treppen, sowie auf den Schulhof ist zu untersagen und nötigenfalls zu bestrafen.

19. Bacillus leprae (Aussatzbacillus).

Bei allen Formen des Aussatzes finden sich in den erkrankten Organen, z. B. in den Tumoren der Haut und auf den ulzerierenden Schleimhäuten (besonders der Nase), außerordentlich zahlreiche Bazillen, meist in Haufen gelagert und oft in eigentümliche große rundliche Zellen eingebettet. Die Bazillen messen 3 bis 6 μ, nehmen Farbstoffe auch ohne Alkalizusatz auf, widerstehen aber der Entfärbung in ähnlicher Weise, wenn auch nicht so energisch wie die Tuberkelbazillen. In künstlichen Kulturen kommt kein Wachstum, oder höchstens Wachstum nicht säurefester Bazillen zustande, deren Bedeutung zweifelhaft ist. Auch bei Übertragungen auf Tiere hat man bisher nur ausnahmsweise ein undeutliches Wachstum der eingebrachten Knoten beobachtet. — Aus der Verbreitung der Bazillen in den erkrankten Organen, aus der Konstanz und Ausschließlichkeit ihres Vorkommens dürfen wir trotzdem auf ihre ätiologische Bedeutung schließen.



Fig. 176. Leprabazillen im Unterhautzellgewebe. 500:1.

Epidemiologie. Im Altertum und noch im Mittelalter war der Aussatz in Europa sehr stark verbreitet; jetzt findet man ihn in größerer Ausdehnung nur noch in Norwegen und in verschiedenen außereuropäischen Ländern, in Indien, China, Japan, Südamerika usw. Die Erreger gelangen am reichlichsten von den Geschwüren der Nasenschleimhaut aus durch Niesen und Husten nach außen. Die Einatmung oder auch einfache Berührungen reichen aber augenscheinlich noch nicht zur Infektion aus; Ärzte, Pfleger werden selten ergriffen. Eine im engsten Verkehr zustande kommende Masseninfektion oder eine be-

sondere Disposition gehören dazu, um die noch nicht völlig aufgeklärte Übertragung zu bewirken.

Zur Bekämpfung hat sich die Isolierung der Erkrankten in „Leprosorien" am besten bewährt. Der starke Rückgang der Lepra in Europa ist offenbar auf diesem Wege erreicht. Auch in Norwegen sind seit den vor etwa 50 Jahren erfolgten strengen Isoliermaßregeln nur wenig neue Fälle zu verzeichnen. — In Deutschland gelten für Lepra die Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes. Etwa 30 Lepröse leben in dem bei Memel eingerichteten Leprösenheim.

20. Bacillus tetani, Tetanusbazillus.

Schlanke, gerade, grampositive Bazillen, beweglich durch zahlreiche peritriche Geißeln. Am einen Ende entsteht eine Spore, zunächst kuglig, später unter Dünnerwerden des Stäbchens oval, den Durchmesser des Bazillus erheblich überragend. Nur unter anaëroben Bedingungen wachsend. Kolonien zeigen ein dichtes Zentrum und feinen Strahlenkranz; in zuckerhaltigem Substrat erfolgt starke Gasbildung. Gleichzeitige Anwesenheit anderer, den Sauerstoff absorbierender Bakterien erleichtert das Wachstum. Die Sporen sind ziemlich resistent, halten Trockenheit sehr lange aus, 80° 1 Stunde, 100° in Wasser oder Dampf 5 Minuten. — Mit der Kultur gelingt es, die Krankheit bei Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen usw. durch subkutane Impfung hervorzurufen, am sichersten, wenn ein steriler Holzsplitter oder Wattebausch mit Kultur in eine tiefere Hauttasche eingeführt wird; dadurch sind die erforderlichen anaëroben Existenzbedingungen gewährt, die übrigens durch die Wucherung der Eitererreger unterstützt werden. Die Versuchstiere erkranken nach 24—36 Stunden an rasch vorschreitendem und tödlich endendem Tetanus. — Hühner und Kaltblüter sind immun. — Die Tetanusbazillen finden sich in den verendeten Tieren meist nur an der Impfstelle; sie können daher nur durch dort produzierte lösliche Toxine wirken.

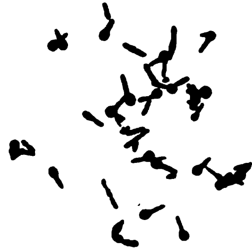


Fig. 177. Tetanusbazillen, sporentragend, aus Agarkultur (nach KITASATO). 1000 : 1.

Die Toxine erhält man getrennt von den Bazillen in Bouillonkulturen, die durch Tonfilter geschickt sind; 2 Milliontel ccm solcher Giftlösung können schon eine Maus töten. Durch Fällung mittels Ammonsulfat, Trocknen des Niederschlags im Vakuum kann man die Toxine noch konzentrieren; von Reindarstellung bleibt man indes weit entfernt. Nach der Wirkung läßt sich in der gewonnenen Substanz ein „Tetanospasmin" unterscheiden, das durch die motorischen Nervenbahnen zum Zentralnervensystem geleitet, hier verankert wird und nach einer gewissen „Inkubationszeit" die Krämpfe auslöst. Daneben kommt ein hämolytisch wirkendes Tetanolysin vor, das indes praktisch kaum von Belang ist.

Epidemiologie. Der Tetanusbazillus ist in der Außenwelt weit verbreitet. Die beste Wucherungsstätte scheint er im Blinddarm der

Pflanzenfresser zu finden. Mit dem Kot dieser Tiere (namentlich Pferdekot) gelangt er in Ackererde, Gartenerde usw. Dort findet man seine Sporen fast regelmäßig; Einimpfung von etwas gedüngter Erde in eine Hauttasche ruft bei den Versuchstieren Tetanus hervor. Mit Erde, Wohnungs- und Kleiderstaub kann der Bazillus gelegentlich in geeignete Hautwunden beim Menschen und bei landwirtschaftlichen Nutztieren eindringen und Tetanus hervorrufen; Pferde (Kastration) werden am häufigsten befallen.

Bei der großen Verbreitung der Tetanussporen und anderseits der Häufigkeit kleiner Hautwunden des Menschen muß es eigentlich wundernehmen, daß der Mensch nicht öfter von Tetanus befallen wird. Dies wird aber erklärlich durch die anaëroben Lebensbedingungen des Tetanusbazillus; nur solche Wunden gestatten ihm Wucherung, die der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft einigermaßen entzogen sind; also z. B. Wunden in Form von Stichkanälen, Schußwunden, Wunden durch Schiefer und Splitter, namentlich wenn an diesen Erde haftete, komplizierte Frakturen durch Überfahren usw. Auch Schüsse mit Platzpatronen haben früher öfter Tetanus veranlaßt, weil das zur Herstellung verwendete Material Tetanussporen enthielt (Schjerning). Im Kriege ist zuweilen beobachtet, daß namentlich bei schmutzigem Wetter Tetanus der unteren Extremitäten im Anschluß an Schußwunden vorkommt, weil dann von den mit verspritzter Erde bedeckten Stiefeln oder Beinkleidern aus leicht Infektion stattfindet. — Gelegentlich scheinen auch Schleimhautwunden als Eingangspforte in Betracht zu kommen (idiopathischer Tetanus).

Prophylaktisch ist eine allgemeine Vernichtung der Erreger nicht diskutabel. Nur in gewissen Fällen kann das Hineingelangen der Erreger in Wunden verhütet werden, wie z. B. durch Verwendung sterilen Materials zu den Platzpatronen. Im übrigen muß namentlich bei „anaëroben“ Wunden die ernste Tetanusgefahr beachtet werden, in erhöhtem Maße, wenn Erde oder Staub in den Wundkanal gelangt ist. Herstellung aërober Lebensbedingungen durch Offenlegen der Wunde und kräftige Antisepsis können versucht werden, kommen aber meist schon zu spät. Um so wichtiger ist die Beeinflussung der:

Individuellen Empfänglichkeit. Wie bei den Diphtheriebazillen, die durch lösliches Ektotoxin wirken, ist auch bei Tetanus eine passive Immunisierung bezw. Therapie durch Antitoxin besonders aussichtsvoll.

Pferde werden zunächst aktiv immunisiert, indem man anfangs stark abgeschwächtes Toxin oder Mischungen von Toxin und Antitoxin, später vorsichtig steigende Dosen von vollwirksamem Gift injiziert. Prüfung durch die Mischungsmethode: als Grundlage dient trockenes Testgift. 20 Antitoxin-Einheiten genügen beim Menschen zur Immunisierung, 100 Einheiten werden therapeutisch verwendet.

Prophylaktische Schutzimpfung hat sehr günstige Resultate ergeben; die Indikation für ihre Anwendung ist gegeben, sobald frische Wunden vorliegen, welche die oben gekennzeichneten, die Gefahr der Tetanusinfektion bedingenden Eigenschaften haben. — Die therapeutischen Erfolge sind unsicher. Auch im Tierversuch zeigt sich, daß das Toxin nicht mehr neutralisiert werden kann, wenn einige Zeit seit seiner Einverleibung verflossen und feste Verankerung des Gifts an die Zellen des Zentralnervensystems eingetreten ist. In Fällen, wo Tetanussymptome bereits ausgesprochen sind, kommt daher auch beim Menschen die Antitoxininjektion zu spät.

21. Bazillus des malignen Ödems.

Bazillen etwas schlanker als Milzbrandbazillen, Enden mehr abgerundet, Fäden biegsamer. Grampositiv, beweglich, zahlreiche Geißeln. Sporenbildung in Clostridiumformen. Wachstum nur anaërob, Gasentwickelung. Nach subkutaner Impfung (Taschen mit Fremdkörpern) Tod der Versuchstiere oft schon nach 16 Stunden; auf dem serösen Überzug der Milz usw. spärliche Bazillen und Fäden; reichlicher und auch in der Pulpa mehrere Stunden post mortem; unter der Haut Ödem und blutigseröses Exsudat mit Gasentwickelung.



Fig. 178. Bazillen des malignen Ödems; links aus der Milz eines Meerschweinchens, rechts aus der Lunge einer Maus (nach Koch). 700:1.

In Faulflüssigkeiten, Darminhalt, gedüngter Erde sehr verbreitet, oft zusammen mit Tetanussporen. Bei Mischinfektion gehen die Tiere an malignem Ödem rascher zugrunde. — Beim Menschen z. B. anläßlich komplizierter Frakturen durch Überfahren, im ganzen aber selten.

22. Bazillus des Rauschbrands (Charbon symptomatique).

Bewegliche Bazillen mit peritrichen Geißeln, grampositiv. Sporenbildung in keuligen Clostridiumformen. Wachstum nur anaërob, übelriechende Gase. Kaninchen, Hunde, Ratten usw., auch Schweine, Pferde sind unempfänglich, ebenso der Mensch. Meerschweinchen sind beschränkt, Rinder, Schafe, Ziegen leicht empfänglich. Bei diesen Tieren kommt natürliche Verbreitung vor; die Krankheit verläuft unter hohem Fieber und unter Entwickelung eines allmählich unter der Bauch- und Rumpfhaut sich ausbreitenden Emphysems. Die Infektion erfolgt in diesen Fällen von Wunden der Extremitäten aus, in welche die in gedüngtem Boden weit verbreiteten Sporen eindringen. — Aktive Schutzimpfung ist in exponierten Herden durch Injektion zweier abgeschwächter Vaccins durchgeführt mit überwiegend gutem Erfolg. Auch eine Kombination von aktiver Impfung mit Injektion von Serum spezifisch vorbehandelter Tiere ist empfohlen. — Über das Antitoxin von Grassberger und Schattenfroh s. S. 599.

23. Bacillus botulinus (Bazillen der Wurstvergiftung).

Der Bacillus botulinus ist ein Saprophyt, der im lebenden Warmblüter sich nicht vermehren und keine Infektion veranlassen kann.

Bei gelegentlicher Wucherung in Nahrungsmitteln, Würsten, Fleisch, Fischen (auch in pflanzlichen konservierten Nahrungsmitteln) produziert er aber ein Gift, welches beim Menschen die S. 236 aufgeführten Erscheinungen des Botulismus (Wurstvergiftung) hervorruft. — Der Bazillus ist beweglich, hat peritriche Geißeln, ist grampositiv, bildet endständige Sporen, die aber nicht sehr widerstandsfähig sind, und wächst unter anaëroben Bedingungen. Empfänglich für die Kulturen bezw. für das filtrierte Gift dieser sind Mäuse, Meerschweinchen, Kaninchen, nicht aber Hühner und Tauben. — Durch Vorbehandlung von Tieren mit steigenden Toxinmengen ist ein wirksames, antitoxinhaltiges Serum gewonnen.

24. Bacillus influenzae.

Von PFEIFFER zuerst beobachtet. Aus dem Sekret des Nasenrachenraums, besser aus dem eitrigen Kern des zähen, hellgelblich-grünlichen Bronchialsekrets lassen sich bei Influenzakranken Präparate herstellen, in welchen nach Färbung mit dünner Karbolfuchsinlösung Massen von feinen Bazillen zu erkennen sind. Die Bazillen haben etwa die Dicke der Mäuseseptikämiebazillen, sind aber kürzer; sie färben sich zuweilen an den Polen stärker als in der Mitte. Oft findet man in Teilung begriffene Bazillen, die mit Diplokokken verwechselt werden können. In allen Kulturen und bei beginnender Involution treten längere Scheinfäden auf. Die Bazillen haben keine Kapseln; keine Eigenbewegung; keine Sporen; sind nicht nach GRAM färbbar.



Fig. 179. Bazillen der Influenza. Reinkultur. 1000:1 (nach PFEIFFER).

Eine **Züchtung** gelingt nur auf einem Nährsubstrat, das **Hämoglobin** enthält. Nähragar wird mit Blut oder Hämoglobinlösung bestrichen; auf dieses Nährsubstrat wird Bronchialsputum gebracht, das vorher mit Bouillon zur Emulsion verrieben war. Die Influenzabazillen bilden feine Tröpfchen von glasartiger Transparenz. Sie wachsen nur zwischen 27 und 42° und sind streng anaërob.

In der Kultur halten sie sich nur 14—18 Tage lebensfähig. Austrocknen in dünnen Schichten tötet sie rasch; im Auswurf halten sie sich länger lebendig, aber in völlig trockenem, verstäubbarem Sputum sind sie abgestorben. — Übertragung der Krankheit auf Tiere ist nicht gelungen. Affen, Kaninchen usw. zeigen nach Einbringung großer Bazillenmengen keine an Influenza erinnernden Krankheitserscheinungen und die Bazillen wuchern nicht auf den Schleimhäuten, sondern eine Schädigung der Tiere tritt nur ein durch die Endotoxine der Bazillen.

Der Beweis für die ätiologische Rolle der Influenzabazillen könnte daher lediglich erbracht werden durch Beobachtungen über ihr **konstantes** und **ausschließliches** Vorkommen bei Influenza bezw. bei Gesunden zu Influenzazeiten. Die **Konstanz** des Vorkommens kann als erwiesen gelten; die **Aus-**

schließlichkeit kann aber nach neueren Untersuchungen nicht anerkannt werden. Man findet nämlich Bazillen, die von den Influenzabazillen nicht sicher zu unterscheiden sind, oft bei Bronchitis zu influenzafreier Zeit, ferner bei Anginen (s. S. 653), ferner fast in jedem Fall von Keuchhusten. Auch der Koch-Weeksche Bazillus, der in suptropischen Ländern, aber auch in unserem Klima im Hochsommer bei der Conjunctivitis aestiva in großen Mengen gefunden wird, ist schwer oder gar nicht vom Influenzabazillus zu unterscheiden. Entweder liegen hier trotzdem verschiedene Arten ähnlicher Bazillen vor, die wir noch nicht genügend unterscheiden können; oder es handelt sich bei den Influenzabazillen um eine Art Epiphyten der Respirationsschleimhaut, ähnlich den Coli-Epiphyten des Darms.

Epidemiologie. Die Influenza (Grippe) ist seit dem 12. Jahrhundert bekannt; von Zeit zu Zeit ist sie als Pandemie aufgetreten; innerhalb der letzten 50 Jahre z. B. 1843, 1847—48, 1850—51, 1855, 1857—58, 1873—75, 1889—90. Dazwischen liegen alljährlich beschränktere Epidemien in irgendwelchen Ländern.

Als Infektionsquellen sind das Bronchialsekret und das Nasensekret, sowie die damit beschmutzten Gegenstände, Wäsche usw. anzusehen. Nur relativ frische Sekrete scheinen gefährlich zu sein, da durch Objekte, die vor einiger Zeit infiziert waren, keine Verbreitung beobachtet wird. In der Hauptsache vollziehen sich die Übertragungen nur direkt von Mensch zu Mensch.

Als Infektionswege fungieren Berührungen z. B. der Taschentücher, der Hände des Kranken einerseits, der eigenen Schleimhäute der Nase oder des Mundes anderseits; wahrscheinlich aber besonders die Einatmung frischer, vom Kranken versprühter Sputumtröpfchen. Das Kontagium scheint bei Gesunden sehr leicht, schon auf flüchtige Berührung hin, zu haften.

Eine Verschleppung des Kontagiums auf weite Strecken durch die Luft im Freien wird nicht beobachtet. Man hat früher wohl geglaubt, daß Winde das Kontagium rascher verbreiten, als dies durch den Verkehr möglich ist. Insbesondere sollte Schiffen auf hoher See das Kontagium durch den Wind zugeführt werden können. Diese Behauptungen sind durch die genaueren Beobachtungen während der letzten Epidemien widerlegt. Die Ausbreitung der Krankheit erfolgte niemals schneller als der Verkehr und konnte in sehr vielen Fällen mit aller Bestimmtheit auf Einschleppung durch Kranke zurückgeführt werden. Auch bezüglich der Schiffe ist konstatiert, daß Erkrankungen auf See nur vorkommen, wenn innerhalb der letzten 6 Tage (die Inkubation wird zu 2—6 Tagen angenommen) ein Verkehr mit verseuchtem Lande oder mit verseuchten Schiffen stattgefunden hat und so die Möglichkeit der Aufnahme des Kontagiums vom Kranken aus gegeben war. — Ferner ist an isoliert gelegenen oder gegen den Ver-

kehr abgeschlossenen Orten der verschiedensten Länder (Gebirgsdörfer, Klöster, Gefängnisse) unzählige Male beobachtet, daß der Beginn der Erkrankungen erst von dem Zeitpunkt datiert, wo ein persönlicher Verkehr mit Influenzakranken stattgefunden hatte.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich vom 2. Lebensjahre ab durch alle Alter und ist vielleicht in den mittleren Jahren am größten. Völlige Unempfänglichkeit kommt weit seltener vor, als bei anderen Krankheiten; jedoch werden manche Individuen nur sehr leicht ergriffen. Eine Steigerung der Empfänglichkeit scheint durch Katarrhe und Erkältungen bewirkt zu werden.

Über die nach Ablauf der Krankheit entstehende Immunität ist wenig Sicheres bekannt; im allgemeinen scheint eine gewisse Immunisierung für kurze Dauer in den meisten Fällen einzutreten.

Eine örtliche Disposition oder Immunität wird nicht beobachtet. Kein Ort und kein Land hat sich den wiederholten Zügen der Influenza gegenüber dauernd immun gezeigt. Während jeder einzelnen Epidemie bleiben gewöhnlich einzelne Städte und innerhalb der ergriffenen Städte einzelne Anstalten mit isoliert lebender Bevölkerung verschont, aber nur, weil es dann an einer Einschleppung des Kontagiums durch Kranke fehlt. Nicht selten aber erfolgt diese noch in einem späteren Stadium und nun breitet sich in der betreffenden Stadt resp. Anstalt eine Epidemie aus zu einer Zeit, wo in der ganzen Umgegend die Seuche schon erloschen ist. (Göttinger Irrenanstalt 1891.)

Eine zeitliche Disposition ist ebenfalls nicht ausgesprochen. Die Influenza ist zu allen Jahreszeiten unter den verschiedensten klimatischen und Witterungsverhältnissen beobachtet. Auch eine Begünstigung durch kürzere Sonnenscheindauer läßt sich nicht erweisen, zumal statistische Zusammenstellungen durch die Unsicherheit der Diagnose außerordentlich erschwert werden.

Prophylaktische Maßregeln. Da die Krankheit gewöhnlich erst diagnostiziert wird, wenn sie bereits sehr starke Ausbreitung erlangt hat, sind Sperrungen und Isolierungen von geringem Wert, außer vielleicht in Anstalten, die wirklich abgeschlossen gehalten werden können. Aus demselben Grunde, dann aber auch, weil das Kontagium ohne unser Zutun so rasch abstirbt, ist eine Desinfektion nicht erforderlich. — Alle auf eine Schutzimpfung gerichteten Experimente sind bisher erfolglos geblieben. Es muß mithin dem einzelnen überlassen bleiben, in Influenzazeiten den Verkehr mit Kranken tunlichst zu meiden und sich dadurch gegen die Krankheit zu schützen.

25. Bacillus pyocyaneus.

Feine bewegliche Stäbchen mit einer Endgeißel, gramnegativ, ohne Sporen. Leicht zu züchten. Grüner fluoreszierender Farbstoff durchsetzt das ganze Nährsubstrat; eigentlich zwei Farbstoffe, von denen der eine, spezifische, in Chloroform löslich ist. Aus älteren Bouillonkulturen läßt sich die Pyocyanase gewinnen, die äußerlich auf der Rachenschleimhaut zur Auflösung von Bakterien (Meningokokken, Diphtheriebazillen) oder innerlich zu Immunisierungs- oder Heilzwecken sich eignen soll (Emmerich und Löw). — Bei Meerschweinchen, Kaninchen usw. läßt sich durch etwas größere Dosen Sepsis bezw. Toxämie hervorrufen. — Beim Menschen wird der Bazillus zuweilen im Eiter gefunden; unter begünstigenden Umständen (heruntergekommene Kinder, Mitwirkung anderer Bakterien usw.) kann er auch hier pyogen, toxisch und septisch wirken.

26. Bazillus des Schweinerotlaufs.

Nur 0,6—1,0 μ lang und 0,2 μ dick. Findet sich regelmäßig im Blut und in den Organen an Rotlauf gefallener Schweine (Sepsis mit fleckigem Exanthem,

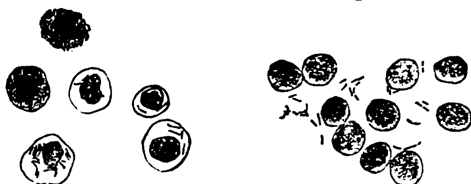


Fig. 180. Bazillen der Mäuseseptikämie (nach Koch). 750:1. Links weiße Blutkörperchen mit Bazillen; rechts rote Blutkörperchen mit zwischengelagerten Bazillen.

Hyperämie und Geschwüren namentlich im Darm; es werden besonders edlere Rassen ergriffen). Oft in großer Zahl in den Leukozyten gelagert; diese zerfallen sichtlich unter dem Einfluß der Bazillen. Grampositiv. Leicht zu züchten, schleierartige Kolonien. Übertragbar auf Mäuse, Kaninchen und Tauben; die anderen Versuchstiere meist refraktär. Die Virulenz gegen Schweine wird im Kaninchen abgeschwächt, angeblich in der Taube erhöht; hierauf beruht die Pasteursche Schutzimpfung. Nach Lorenz besser kombinierte Immunisierung mit Serum von vorbehandelten Pferden und lebender Kultur. — Sehr ähnlich der Erreger der Mäuseseptikämie, saprophytisch verbreitet, vielleicht nur in der Virulenz verschieden.

27. Cholerabazillus, Spirillum (Vibrio) Cholerae asiaticae.

Von Koch 1883 entdeckt. In akuten Fällen asiatischer Cholera können die Vibrionen regelmäßig aus den Entleerungen des Kranken oder aus dem Darminhalt der Leiche gezüchtet werden; weniger leicht, aber dennoch sicher gelingt der Nachweis in den späteren Entleerungen eines langsam verlaufenden Falles; nicht mehr auffindbar sind sie oft in dem auf den eigentlichen Choleraanfall folgenden Typhoïd. Niemals werden in den Organen Choleravibrionen gefunden; ihre einzige Wohnstätte ist der Darm; und von da dringen sie höchstens in die obersten Schichten der Darmschleimhaut ein. — Der Nachweis gelingt

namentlich in den Schleimflöckchen des Darminhalts durch mikroskopische Untersuchung und durch Kultur, eventuell nach Anreicherung der Bazillen durch Vorkultur in Peptonwasser (Genaueres s. im Anhang).

Durch dieses Verfahren sind von guten Beobachtern die Choleravibrionen ausnahmslos in jedem typischen Cholerafall jeder seither aufgetretenen Epidemie nachgewiesen; auch bei zahlreichen leichten diarrhoeischen Erkrankungen, die während einer Choleraepidemie vorkommen. Vom Tage der Erkrankung ab sind sie meistens 8—10 Tage lang, in vereinzelten Fällen bis zu 23 Tagen in den Dejektionen nachweisbar. — Dagegen hat man niemals beim normalen Menschen oder während irgend einer anderen Krankheit, oder irgendwo in unserer Umgebung zu cholerafreier Zeit die gleichen Vibrionen auffinden können; diese Konstanz und Ausschließlichkeit des Vorkommens läßt keine andere Erklärung zu, als die, daß die Spirillen die Erreger der Krankheit darstellen.

Die Choleravibrionen erscheinen meist in der Form kurzer, schwach gekrümmter Stäbchen, die genau genommen Bruchstücke einer Schraube sind. An den jüngsten Individuen ist die Krümmung kaum sichtbar, später tritt sie stärker hervor. In älteren Bouillonkulturen, mit Choleradejekten beschmutzter Wäsche usw. werden lange Schrauben von 10—20 Windungen und mehr gebildet. In alten Kulturen treten sie mehr als gerade große Stäbchen auf. Die Vibrionen führen lebhafte, teils drehende, teils vorwärts schießende Bewegungen aus und zwar mit Hilfe einer am einen Ende haftenden Geißel. — Die Färbung der Vibrionen gelingt leicht mit den verschiedensten Anilinfarben; besonders gut mit verdünnter Karbolfuchsinlösung. Sie sind grammnegativ. — In späteren Stadien kommt es leicht zur Bildung von Involutionsformen; teils quellen die Stäbchen, teils zerfallen sie unter Bildung von Kügelchen.



Fig. 181. Cholerasspirillen in Fleischbrühe meist Kommaformen, bei *a* lange Spirillen (nach Koch). 600 : 1.

Auf Gelatineplatten bilden sie nach 24 Stunden kleinste Kolonien, welche bei 60facher Vergrößerung als helle, fast farblose Scheiben mit gebuchtetem welligen Kontur und glänzendhöckeriger Oberfläche erscheinen. Am zweiten Tage beginnt Verflüssigung der Gelatine, die aber langsam fortschreitet und sich nicht weiter als 1—2 mm von der Kolonie aus erstreckt. Stichkulturen in Gelatine zeigen anfangs nur eine weißliche Trübung entlang dem Stichkanal dann bildet sich eine dünne, mit Flüssigkeit gefüllte Röhre aus, welche sich

nach oben etwas erweitert, aber in den ersten Tagen nie bis zum Glasrande vorschreitet; erst nach 8—14 Tagen erstreckt sich die Verflüssigung über den ganzen oberen Teil der Gelatine. Nicht selten kommen aber atypische Kolonien dunklerer Farbe und ohne Verflüssigung der Gelatine vor. — Auf Agaraufstrichplatten bilden die Choleravibrionen flache, opaleszierende, fast durchsichtige Kolonien, die sich namentlich von Colikolonien leicht unterscheiden lassen.

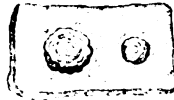


Fig. 182. Cholerakolonien, 60 : 1.

Auch auf anderen Nährsubstraten wachsen die Choleraspirillen leicht, auf Kartoffeln bei höherer Temperatur von 30—35° in Form einer graubraunen Auflagerung. In Milch vermehren sie sich lebhaft ohne sichtbare Veränderung, namentlich ohne Koagulation der Milch.

Setzt man zu einer 12 Stunden alten Kultur in peptonhaltiger Bouillon einige Tropfen Schwefelsäure, so entsteht innerhalb der nächsten 30 Minuten eine schöne, rosa violette Färbung (Cholerarot). Die Reaktion kommt dadurch zustande, daß die Choleraspirillen Indol und salpetrige Säure als Stoffwechselprodukte liefern, während andere Bakterien gewöhnlich nur entweder Indol oder salpetrige Säure bilden; sie ist jedoch nicht völlig charakteristisch für die Cholerakulturen, da einige Vibrionen dieselbe Farbenreaktion zeigen.

Die Choleraspirillen halten sich bezw. wachsen noch in Wasser mit geringen Mengen organischer Stoffe. — 0·1 Prozent freier Säure und 0·2 Prozent Ätzkali genügen zu ihrer Abtötung. Die untere Temperaturgrenze, von welcher ab sie bei künstlicher Kultur gedeihen, liegt bei 16°, reichliche Vermehrung erfolgt erst zwischen 22 und 25°; das Temperaturoptimum liegt bei 35°. Hitze von 60° tötet sie bei 10 Minuten langer Einwirkung; dasselbe wird erreicht durch kurz dauerndes Aufkochen einer Flüssigkeit. Durch 2 Prozent Karbolsäure oder 1 : 2000 Sublimatlösung werden sie binnen wenigen Minuten getötet.

Sehr empfindlich sind die Choleraspirillen auch gegen Austrocknen; in dünner Schicht völlig getrocknet, sind sie bereits nach 2—24 Stunden nicht mehr lebensfähig. Durch trockene Gegenstände oder auch durch Luftströmungen können daher die Choleraspirillen nicht verbreitet werden. In dicken Schichten, z. B. in Agarkulturen, können dagegen noch nach Monaten lebensfähige Individuen gefunden werden. — An der menschlichen Hand sind die Cholerabazillen binnen 2 Stunden, auf Papier binnen 24 Stunden, auf trockenen Waren und Nahrungsmitteln binnen 24 Stunden, auf feucht aufbewahrten Nahrungsmitteln binnen 8 Tagen abgestorben. In Wasser können sie über 8 Tage, in feuchter Wäsche über 14 Tage lebendig bleiben.

Bei Tieren läßt sich eine der menschlichen Cholera ähnliche Erkrankung bei ganz jungen Kaninchen, Katzen und Hunden durch

Verfütterung reproduzieren. Eine Art Infektion gelingt bei Meerschweinchen dadurch, daß man ihnen zunächst Opiumtinktur in die Bauchhöhle, dann erst Sodalösung (zur Neutralisierung des Magensaftes) und darauf Cholerakultur in den Magen injiziert. — Ferner tritt bei Injektion von Kultur in die Bauchhöhle von Meerschweinchen die Wirkung der Endotoxine (Bakterienproteïne) der Vibrionen hervor in Form der sog. Meerschweinchencholera, gekennzeichnet durch rapiden Temperaturabfall, allgemeine Muskelschwäche, partielle Muskelkrämpfe, Lähmung der Zentren der Zirkulation und der Temperaturregulierung, so daß in wenigen Stunden Kollaps und Tod eintritt. Von einer vollvirulenten Kultur auf Agar bei 37°, die nicht älter als 18 Stunden ist, genügt $^1/_{12}$ Platinöse (1 Öse = 2 mg Kulturmasse, enthaltend 200 Millionen lebende Individuen) zur tödlichen Wirkung. Bei älteren Laboratoriumsstämmen ist die Tiervirulenz geringer. — Zahlreiche andere Bakterien erzeugen durch ihre Proteïne ähnliche Krankheitserscheinungen; jedoch ist durch die Pfeifferschen Immunisirungsversuche der spezifische Charakter der Wirkung der Cholerabakterien erwiesen. Werden nämlich Versuchstiere (Meerschweinchen, Ziegen) mit steigenden Dosen Cholerakultur vorbehandelt, so erlangen sie eine spezifische Immunität gegen die Endotoxine der Choleravibrionen, nicht aber gegen die anderer Bakterien bezw. Vibrionen; und umgekehrt schützt Vorbehandlung mit anderen Bakterien die Tiere nur unvollkommen und vorübergehend gegen Cholerainfektion. — Dem Blutserum solcher gegen Cholera immunisierter Versuchstiere kommt — ebenso wie dem Serum von cholerarekonvaleszenten Menschen — agglutinierende Wirkung spezifisch für Cholerabakterien zu; ferner zeigt solches Blutserum die Fähigkeit, Cholerabakterien rasch aufzulösen, wenn es mit der Kultur in die Bauchhöhle von Meerschweinchen gebracht wird. Diese beiden Serumeigenschaften sind von größter Bedeutung für die bakteriologische Diagnostik und liefern die besten Mittel zur sicheren Erkennung von Choleraerregern. Auch läßt sich bei Rekonvaleszenten (nicht bei Kranken in der ersten Woche) eine Probe auf spezifische Agglutinine nach Art der Widalschen Reaktion ausführen (s. im Anhang).

Übertragungen von Cholerakultur auf Menschen haben teils aus Unachtsamkeit, teils absichtlich mehrfach stattgefunden (Selbstinfektionsversuche von v. Pettenkofer und Emmerich, Metschnikoff, Stricker u. a.). Der Erfolg war das Auftreten leichter, schwerer und zum Teil sehr schwerer Choleraerkrankungen. Ein Fall von zufällig im Laboratorium zu cholerafreier Zeit akquirierter Cholera verlief tödlich.

Dem Choleravibrio ähnliche Spirillenarten sind z. B. die von FINKLER und PRIOR bei Cholera nostras gefundenen Spirillen. Sie werden auch bei Cholera nostras neuerdings stets vermißt und sind also für die Ätiologie dieser Krankheit sowohl, wie für die Cholera asiatica bedeutungslos. — Ferner Spirillum tyrogenum, in Käse gefunden, den Choleraspirillen ähnlich, aber durch das Wachstum auf Kartoffeln, in Milch, durch das Tierexperiment usw. leicht zu unterscheiden. — Vibrio Metschnikoff, den FINKLERschen Spirillen, zuweilen aber den Choleravibrionen ähnlich; von letzteren unterschieden durch die Virulenz des Vibrio M. gegen Tauben, die gegenüber der Cholera wenig empfänglich sind, nach Impfung mit Vibrio M. aber an schwerer Septikämie mit Massen von Bakterien im Blut und in den Organen erkranken. — Als wesentlichste Fundstätte der verschiedensten Spirillenarten ist die Düngerjauche (und der Schweinekot) bekannt geworden. Von da gelangen dieselben in das Wasser von Bächen und Flüssen, und in diesen findet man namentlich im Spätsommer und Herbst eine reichliche Ausbeute an choleraähnlichen Vibrionen. Mehr als 30 Arten und Varietäten sind beschrieben, von denen manche durch die Phosphoreszenz der Kulturen und durch geringe Abweichungen im Aussehen der Kolonien auf Gelatine, die aber alle serodiagnostisch leicht von Choleravibrionen zu unterscheiden sind.

Epidemiologie. Die Cholera herrscht seit langer Zeit als endemische Krankheit im Gangesdelta und in Bengalen. Vielleicht finden die Choleravibrionen dort, unterstützt durch hohe Temperatur, Feuchtigkeit und enorme Mengen abgestorbener Pflanzen und Tiere, Gelegenheit zu saprophytischem Wachstum, namentlich in Sümpfen, Teichen, an Flußufern u. dgl. Zweifellos wird aber dort die endemische Verbreitung dadurch unterstützt, daß infolge der massenhaften, sorglosesten Ausstreuung der vom Kranken stammenden Erreger die ganze Umgebung immer wieder durchseucht wird.

Von Niederbengalen aus hat die Cholera seit dem Jahre 1817 weitere Fortschritte gemacht, sich zunächst auf das übrige Indien ausgedehnt und vom Jahre 1819 ab auch die Grenzen Indiens überschritten.

Seither ist kaum ein Land von der Cholera verschont geblieben. Nur solche Gegenden, mit welchen Indien ausschließlich durch langdauernde Seereisen in Verkehr steht, wie Australien und das Kapland; ferner viele verkehrsarme Gegenden der arktischen Zone und des Hochgebirges sind bis jetzt von Cholera freigeblieben (s. S. 66, 71). — Europa wurde in fünf Invasionen heimgesucht. Die erste im Jahre 1823 erstreckte sich nur bis Astrachan; 1829 erfolgte der Einbruch über Rußland und diesmal blieb die Cholera bis 1837 auf europäischem Boden, wurde auch nach Kanada verschleppt und von da im übrigen Amerika verbreitet. 1847 wurde zum drittenmal Europa und der größte Teil der übrigen Erdteile von der Cholera heimgesucht, die erst 1858 ihre Wanderung einstellte. Der vierte, besonders verheerende Zug begann 1865 von Ägypten aus und dauerte bis 1875. 1882 wurde die Cholera wiederum nach Mekka eingeschleppt, verbreitete sich 1883 nach Ägypten, betrat 1884 in Toulon europäischen Boden, dehnte sich 1884—86 in Südfrankreich, Italien, Spanien

und Österreich-Ungarn aus und herrschte gleichzeitig in Südamerika, China und Japan. Nach einer fünfjährigen Ruhepause drang die Seuche im Frühjahr 1892 über Afghanistan und Persien nach Rußland vor, brach im Frühsommer in Nordfrankreich aus, drang im späteren Sommer nach Holland und Deutschland vor, wo sie jedoch (außer Hamburg) nur kleinere Krankheitsherde hervorrief. Während des Winters 1892/93 setzte sie sich in sporadischen Fällen in Rußland, Frankreich, Italien und Deutschland fort und gelangte im Sommer in Russisch-Polen und Galizien zu größerer Ausdehnung.

Über die Ursachen und die Verbreitungsweise dieser mörderischen Seuche bestanden die widersprechendsten Ansichten, bis es Koch im Jahre 1883 gelang, die Erreger der Cholera aufzufinden, ihre Lebenseigenschaften kennen zu lernen und die Verbreitungsart der Krankheit in allen wesentlichen Punkten aufzuklären.

Die Infektionsquellen lassen sich leicht entnehmen aus den S. 683 geschilderten Lebenseigenschaften des Kommabazillus.

Die konzentriertesten und gefährlichsten Infektionsquellen sind selbstverständlich die Dejekte des Cholerakranken und die mit diesen beschmutzte Wäsche. Gelegentlich können auch der Fußboden, verschiedenste Gebrauchsgegenstände, Teppiche, die Kleider des Wartepersonals usw. mit Dejektionen verunreinigt werden. Bei schlechten Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe, auf unsauberen Höfen usw. finden sich auch nicht selten Reste von Dejektionen auf der Oberfläche des Erdbodens, und können von da durch allerlei Kontakte verbreitet werden. Eine entschiedene Gefahr bieten oberflächliche Rinnsale, oberflächliche Wasseransammlungen, Bäche und Flüsse, in welche Abwässer und Exkremente gelangen. Hier sind häufig die Bedingungen für lange Konservierung und zuweilen wohl sogar für Vermehrung der Kommabazillen gegeben. — Von großer Bedeutung ist ferner die Erfahrung, daß nicht nur Schwerkranke, sondern auch Kranke im ersten Anfangsstadium, Leichtkranke, Rekonvaleszenten, ja sogar völlig Gesunde, welche mit ihren geformten Fäzes Cholerabazillen entleeren (Bazillenträger), zu den gleichen Infektionen Anlaß geben können. Die Cholerabazillen haben auch in diesen Fällen volle Virulenz.

Von den Dejekten des Kranken und den mit diesen beschmutzten Objekten aus kann der Transport der Bazillen zum Gesunden dadurch erfolgen, daß Menschen die Infektionsquellen einerseits, ihren Mund oder unmittelbar nachher genossene Nahrungsmittel anderseits berühren und so Kommabazillen direkt in den Mund bringen. Letzteres braucht nicht unmittelbar nach der Berührung der Infektionsquelle zu geschehen; ist doch nachgewiesen, daß die Kommabazillen

bis zu einer, vielleicht sogar bis zu 2 Stunden an der Hand lebendig bleiben. Derartige direkte Übertragungen werden bei den mit dem Kranken beschäftigten Menschen, die nicht an strenge Reinlichkeit gewöhnt sind, ferner bei Kindern, leicht und häufig vorkommen. Wäscherinnen sind teils denselben Berührungen, teils aber auch dem Verspritzen des infizierten Waschwassers exponiert.

Ferner kann eine Verschleppung des Infektionsstoffs durch Fliegen erfolgen. Verschiedene Beobachter haben nachgewiesen, daß Fliegen, die auf Dejektionen oder beschmutzter Wäsche gesessen haben, lebende Kommabazillen noch nach Stunden auf Nahrungsmittel übertragen können. In kleinen Wohnungen, ohne räumliche Trennung zwischen dem Erkrankten und Küche bezw. Vorratsraum, muß im Spätsommer und Herbst dieser Modus der Verschleppung ernstlich in Betracht kommen.

Nahrungsmittel können bei feuchter Aufbewahrung die auf ihnen durch Berührungen oder durch Fliegen deponierten Kommabazillen noch lange (bis zu 8 Tagen) konservieren. — Besondere Gefahr bietet das Wasser. — Dasselbe wird am leichtesten infiziert, wenn es in oberflächlichen stagnierenden Ansammlungen besteht (indische Tanks), in welche gewohnheitsmäßig allerlei Abwässer hineingelangen und mit diesen gelegentlich Reste von Dejektionen oder z. B. das Spülwasser, das zur Reinigung der für Dejektionen benutzten Gefäße resp. der mit Dejektionen besudelten Wäsche gedient hat. Wo ein solches Wasser zu allen häuslichen Zwecken, zum Kochen und zum Trinken verwendet wird, wie es im endemischen Gebiet der Cholera tatsächlich geschieht, da ist die Gefahr einer Ausbreitung der Cholera durch Wasser naturgemäß außerordentlich groß.

Ferner sind solche Bäche und Flüsse stark exponiert, welche Abwässer aufnehmen, oder in welchen Wäsche gespült wird, oder auf denen Schiffer und Flößer leben. Letztere pflegen ihre Dejektionen und Abwässer direkt in den Fluß zu schütten; sie sind aber anderseits nachweislich auffällig oft an Cholera erkrankt, weil sie das Flußwasser ohne jede Reinigung benutzen. Die Schiffer können außerdem durch das Bilgewasser (Kielwasser) die Kommabazillen verschleppen, das sie an infizierten Stellen des Flusses in das Schiff nehmen und an anderer stromaufwärts oder abwärts gelegener Stelle wieder in den Fluß lassen.

Grundwasserbrunnen sind der Infektion mit Cholerakeimen nur dann ausgesetzt, wenn oberflächliche Rinnsale in den Brunnen führen und dadurch z. B. das zum Reinigen von Wäsche oder von Geschirren benutzte Wasser in den Brunnenschacht gelangt.

Die Infektion durch ein Wasser, das Kommabazillen enthält, kann schon erfolgen, indem dasselbe zum Reinigen des Eß- und Trinkgeschirrs, zum Ausschwenken der Bierseidel usw. benutzt wird. Weitaus am häufigsten kommt sie aber dadurch zustande, daß das betreffende Wasser getrunken wird. Je mehr die Sommerwärme zum Wassertrinken anregt, um so häufiger kommt diese Infektionsgelegenheit in Frage. Sie ist um so gefährlicher, als die Kommabazillen wahrscheinlich gerade mit einem Trunk frischen Wassers am leichtesten ungeschädigt den Magen passieren. Wird Wasser in den Magen eingeführt, so tritt dasselbe in kleinerer Menge sogleich in den Dünndarm über; nach etwa einer Stunde erfolgt rascher Übertritt des Restes; auch dieser Rest hat dann aber nachweislich nicht saure Reaktion, so daß kein schädlicher Einfluß auf die Kommabazillen eingewirkt hat und dieselben ungeschwächt in den Dünndarm übertreten können.

Im Gegensatz zum Wasser hat die Luft als Transportmittel der Keime keine Bedeutung, weil sie bei demjenigen Grad von Austrocknung, der für einen Transport von Staubteilchen durch Luftströme Bedingung ist, nicht lebendig bleiben.

Nur durch Verspritzen von Flüssigkeiten (Brandung der Meereswellen, Reiben und Schwenken der Wäsche im Waschbottich usw.) werden lebende Kommabazillen auf gewisse Entfernungen durch kleine Wassertröpfchen verbreitet; ebenso können wohl beim Hantieren mit halb getrockneter beschmutzter Wäsche Partikelchen mit noch lebenden Kommabazillen herabfallen oder im nächsten Umkreise verschleudert werden. Dabei vollzieht sich die Verbreitung aber immer nur in demselben Raum und während kurzer Zeit; und dann ist gewöhnlich an solcher Stelle gleichzeitig noch größere Gefahr gegeben durch die sicher vorhandene Möglichkeit zur Verbreitung der Infektionserreger mittels Berührungen und Fliegen. Die Luft bietet dann also durchaus keine spezifische Infektionsgelegenheit.

Von bedeutendem Einfluß auf die Ausbreitung der Cholera ist die individuelle Disposition. In den letzten Epidemien wurden zahlreiche ganz leicht, kaum unter Krankheitssymptomen verlaufende Cholerafälle, die auch in früheren Epidemien oft beobachtet waren, von denen es aber damals zweifelhaft blieb, ob sie der asiatischen Cholera zuzurechnen seien, bakteriologisch untersucht. Dabei wurden über Erwarten häufig Kommabazillen konstatiert. Ja sogar bei solchen Personen wurden Cholerabazillen gefunden, welche mit Cholerakranken in Berührung gewesen waren, aber dauernd von allen Krankheitserscheinungen frei blieben.

Des öfteren ist dann aber beobachtet, wie infolge eines Exzesses oder einer Verdauungsstörung, zuweilen auch ohne ersichtlichen Anlaß, aus den leichtesten Erkrankungen sich plötzlich ein schwerer Cholera-

anfall entwickelte. Ebenso konnten bei solchen Personen, welche bereits als genesen galten, welche aber noch Kommabazillen in den Dejektionen hatten, schwere Rezidive auftreten; alles Zeichen, daß die Kommabazillen der leichten oder protrahierten Fälle nicht etwa eine Einbuße an Virulenz erlitten hatten.

Die individuelle Empfänglichkeit kann für den Verlauf der Cholerainfektion geradezu ausschlaggebend sein. Bei völlig gesundem Magen werden die Kommabazillen oft schon der Abtötung durch den Magensaft unterliegen. Sind sie trotzdem in den Darm eingedrungen, so gelangen sie bei manchen Menschen überhaupt nicht oder nur in ganz beschränkter Weise zur Wucherung und verschwinden in einigen Tagen wieder. Bei anderen Menschen mit normalem Darm scheinen sie sich stark zu vermehren, aber nur gesteigerte Transsudation in den Darm zu veranlassen, ohne beunruhigende Krankheitssymptome hervorzurufen. Erst unter besonderen abnormen Bedingungen erfolgt plötzlich schwere Erkrankung.

Ferner verleiht nach allen Erfahrungen das einmalige Überstehen der Cholera in den meisten Fällen eine gewisse Immunität; freilich tritt diese Immunität nicht bei allen Befallenen gleich deutlich hervor und ist von sehr verschiedener, meist nur einige Monate, zuweilen ein Jahr und länger währender Dauer.

In der Praxis treten zwei ganz verschiedene Verbreitungsweisen der Cholera hervor: die Kontaktepidemie und die explosive Epidemie.

Bei ersterer wird die Cholera vom Kranken auf die in seiner Nähe befindlichen gesunden Menschen durch Berührungen übertragen; neue Erkrankungen treten nach 2—6 Tagen, entsprechend der Inkubationszeit, auf. In dieser Weise erfolgt gewöhnlich die Einschleppung und erste Ausbreitung der Krankheit. Nur ausnahmsweise geschieht die Verschleppung auf sehr weite Entfernungen hin; so wurde (1865) die Cholera von Odessa nach Altenburg gebracht; meist aber erfolgt die Verbreitung durch den Naheverkehr. Nach der Einschleppung stecken sich an dem ersten Fall gewöhnlich zunächst einige Angehörige an; von diesen greift die Krankheit allmählich auf Nachbarn, auf ferner wohnende Verwandte, auf Arbeitsgenossen u. dgl. über. Die Fäden, welche die nacheinander Erkrankten verknüpfen, sind oft mit Bestimmtheit nachzuweisen.

Von diesen ersten Cholerakranken aus häufen sich bei ungeschultem Pflegepersonal, bei armer unreinlicher Bevölkerung und in überfüllten Wohnungen, bei sorgloser Behandlung der Cholerawäsche usw. die Übertragungen durch Berührungen, Fliegen und Nahrungsmittel.

Bei geschultem Pflegepersonal, in einer Umgebung von reinlich erzogenen Menschen, die mit beschmutzten Fingern weder Mund noch Nahrungsmittel berühren und die Nahrungsmittel nicht in dem Krankenraum aufbewahren, kann dagegen die Kette der Erkrankungen leicht wieder abreißen.

Zuweilen kommt es aber zu explosionsartig ausbrechenden Massenepidemien. Diese konnten stets auf eine Infektion der gemeinsamen Wasserversorgung zurückgeführt werden (Hamburg, Nietleben). Städte, die ein der Infektion nicht zugängliches Wasser benutzen, bleiben von explosionsartigen Choleraepidemien sicher verschont, und früher ergriffene Städte sind nicht wieder ergriffen, nachdem sie eine tadellose Wasserversorgung eingeführt hatten (Waisenhaus in Halle a. S., Calcutta, Altona an der Grenze gegen Hamburg u. a. m.).

Von verschiedenen Epidemiologen (v. Pettenkofer) ist darauf hingewiesen worden, daß sich manche Eigentümlichkeiten in der örtlichen und zeitlichen Verteilung der Cholaraepidemien nicht mit Hilfe jener Lebenseigenschaften des Kommabazillus genügend erklären lassen, sondern daß dies nur gelinge unter der Annahme eines vom Boden ausgehenden örtlich und zeitlich wechselnden Einflusses.

Tatsächlich beobachtet man, daß die Cholera in den befallenen Ländern Provinzen und Städten nicht eine gleichmäßige Ausbreitung zeigt, sondern daß starke örtliche Verschiedenheiten hervortreten. Manche Provinzen und Städte werden auch bei wiederholten Zügen der Cholera stets in auffällig geringem Grade ergriffen. Einige größere Städte blieben bisher völlig von Cholera verschont (Rouen, Versailles, Hannover, Stuttgart, Frankfurt a. M.). — Auch innerhalb ein und derselben Stadt treten örtliche Unterschiede in der Cholerafrequenz hervor.

Ebenso ist die jahreszeitliche Verteilung der Cholerafälle keine gleichmäßige, sondern zeigt auffallend starke Schwankungen. Im endemischen Gebiet der Cholera pflegt die Frequenz im Laufe der Regenzeit allmählich abzunehmen, in der regenlosen Zeit und im ersten Anfang der Regenzeit zu steigen. In Mitteleuropa tritt die Cholera vorzugsweise im Spätsommer und Herbst epidemisch auf; in den Gegenden, wo der Tiefstand des Grundwassers in den Herbst zu fallen pflegt, trifft das Maximum der Cholera ungefähr mit dem tiefsten Stande des Grundwassers zusammen.

Indes erklären sich alle diese örtlichen und zeitlichen Differenzen sehr wohl aus selbstverständlichen Verschiedenheiten in bezug auf die Behandlung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die persönliche Empfänglichkeit.

Örtliche Differenzen kommen schon dadurch zustande, daß der eine Ort bezw. das eine Land der Einschleppung viel stärker ausgesetzt ist, als andere. Große Hafenstädte, die östlichen Provinzen Deutschlands sind stärker exponiert als im Innern gelegene Städte und Provinzen. Ferner verringern alle auf eine Bekämpfung der Seuchen abzielenden Einrichtungen, z. B. gute Organisation der Anzeigepflicht, Vorkehrungen zur Isolierung der Kranken und zur Desinfektion,

gute Schwemmkanalisation usw. die Chancen der Ausbreitung für eine Stadt. In demselben Sinne wirkt gut geschultes Pflegepersonal, sorgfältige Behandlung der Nahrung, tadellose Wasserversorgung, mäßige Lebensweise. Viele dieser, die Disposition herabsetzenden Einflüsse gehen Hand in Hand mit Wohlhabenheit, geringer Wohndichtigkeit und Gewöhnung an Reinlichkeit. Vergleichende Untersuchungen zeigen dementsprechend, daß die Cholerafrequenz in auffälliger Weise zunimmt in Provinzen und Städten mit geringer Wohlhabenheit und großer Wohndichtigkeit. Wie sehr auch innerhalb derselben Stadt die Armen von der Cholera bevorzugt werden, geht z. B. aus einer von Körösi für Budapest aufgestellten Statistik hervor. Danach betrug die Intensität des Auftretens folgender Krankheiten bei Armen, wenn die Intensität bei Wohlhabenden = 100 gesetzt wird,

für Cholera	211	für Typhus	114
„ Blattern	174	„ Masern	106
„ Phthise	148	„ Keuchhusten	73

Auch das zeitliche Vorherrschen der Cholera im Spätsommer und Herbst (wovon übrigens zahlreiche Ausnahmen vorkommen, z. B. die Winterepidemien in München, Schlesien, Petersburg usw.) erklärt sich aus ähnlichen Momenten. Die Vermehrungsfähigkeit der Kommabazillen im Flußwasser bei höherer Temperatur, die Verschleppung des Kontagiums durch Fliegen, der vermehrte Genuß von Wasser und roher Nahrung, namentlich aber die in dieser Jahreszeit bei einem sehr großen Teil der Bevölkerung verbreiteten Verdauungsstörungen und die damit gegebene individuelle Disposition einer ganzen Bevölkerung, erklären ungezwungen das häufige Anschwellen der Epidemien gerade im Herbst. Aber anderseits sind alle diese Momente nicht derart unumgänglich erforderlich bezw. nicht so ausschließlich auf den Herbst beschränkt, daß nicht auch zu anderer Zeit gelegentlich Epidemien vorkommen könnten, und dementsprechend fällt auch die Akme manchmal in den Winter, manchmal in das Frühjahr.

Somit bleibt im Grunde kein Raum für irgend ein anderes, neben dem Kommabazillus die örtliche und zeitliche Ausbreitung der Cholera in maßgebender Weise beeinflussendes Moment. Tritt hier und da das Bedürfnis hervor, mitwirkende Ursachen für eine auffällige örtliche oder zeitliche Verteilung der Cholerafrequenz heranzuziehen, so liegt es am nächsten, auf die noch wenig erforschte individuelle Empfänglichkeit, vielleicht auch auf die Möglichkeit einer Mitwirkung anderer Darmbakterien zurückzugreifen.

Daß aber, wie es die Ansicht der Lokalisten ist, der Boden und das Grundwasser irgendwelchen direkten Einfluß auf den Choleraerreger und dadurch auf die Cholerafrequenz ausübe, dafür fehlen alle Anhaltspunkte. Die Beweise, welche für einen solchen Zusammenhang hervorgebracht wurden, haben sich sämtlich nicht als stichhaltig erwiesen. Den Fällen, wo ein Fels- oder Lehmboden Choleraimmunität und durchlässiger Boden Disposition bewirkt haben sollte, stehen andere Beobachtungen gegenüber, wo gerade die gegenteilige Beziehung herrschte. Auch die Grundwasserbewegung zeigt sehr oft Abweichungen von der behaupteten Kongruenz mit der Choleraausbreitung, und da, wo die Kongruenz vorhanden ist, erklärt sie sich ungezwungen daraus, daß sowohl die Choleraakme wie der niedrigste Grundwasserstand in den Herbst fallen. Solange aber nicht zwingende Tatsachen uns auf einen Zusammenhang der Cholerafrequenz mit dem Boden hinweisen, müssen wir schon deshalb von

der Bodenhypothese absehen, weil sie nicht im mindesten zur Aufklärung beizutragen vermag, sondern nur verdunkelt. Denn nach allem, was jetzt über die Beziehungen zwischen Boden und Mikroorganismen experimentell ermittelt ist, können wir uns gar keine begründete Vorstellung darüber machen wie der Choleraerreger in den Boden hinein- und aus dem Boden herausgelangen oder in welcher Weise sonst irgendwie der Boden auf den Infektionserreger bezw. auf den Infektionsvorgang von Einfluß sein sollte.

Prophylaktische Maßregeln. Sehr wichtig ist die Vorbereitung jeder Stadt und Provinz durch Bekämpfung der lokalen Disposition im kontagionistischen Sinne, d. h. durch Einrichtung von Flußüberwachungsstellen, Isolierspitälern, Desinfektionskolonnen, Kanalisation, Wasserversorgung usw.

Die Hinderung der Einschleppung auf dem Seewege ist durch die von der Pariser Konferenz 1903 gefaßten Beschlüsse geregelt (s. S. 533). An besonders gefährdeten Stellen der Landesgrenzen empfiehlt sich namentlich eine Revision der im täglichen Verkehr die Grenze passierenden Arbeiter, Händler usw. und Isolierung der Erkrankten. Revision und Desinfektion der Eisenbahnreisenden und ihres Gepäcks lohnt sich nicht. — Strengere Maßregeln sind gegenüber dem Verkehr auf schiffbaren Flüssen indiziert. Auf besonderen Kontrollstationen sind dort die Schiffe anzuhalten, das Personal ärztlich zu untersuchen; wenn Choleraverdächtige gefunden werden, sind diese nebst den übrigen Insassen des Schiffs in eine Isolierbaracke zu schaffen, das Schiff ist zu desinfizieren und hat 6tägige Quarantäne durchzumachen.

Kommen im eigenen Lande Fälle von Choleraverdacht vor, so ist vor allem die Diagnose durch bakteriologische Untersuchung zu sichern. Bei gehäuften Fällen empfiehlt sich die Entsendung sog. fliegender Laboratorien in das Seuchengebiet. — Die Isolierung des Erkrankten und die sonstigen Absperrungs- und Aufsichtsmaßregeln sind nach den Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes (s. S. 534 u. 535) durchzuführen.

Für Beschaffung unverdächtigen Wassers ist zu sorgen; namentlich bei Flußwasserversorgungen, die ihr Wasser schiffbaren Flüssen entnehmen, muß der Filterbetrieb sorgfältig von einem Fachhygieniker kontrolliert werden; steht kein anderes als verdächtiges Wasser zur Verfügung, so ist alles zur Verwendung gelangende Wasser 5 Minuten zu kochen. — Verdächtige Nahrungsmittel sind vor dem Genuß zu kochen bezw. trockener Hitze auszusetzen.

Die persönliche Empfänglichkeit ist durch vorsichtige Lebensweise und sorgfältige Beachtung jeder gastrischen Störung herabzusetzen. Die Bevölkerung ist durch öffentliche Bekanntmachungen über den

günstigen Einfluß penibelster Reinlichkeit und der Sorgfalt in der Zubereitung der Nahrung, sowie über die Gefahr, welche Exzesse und Gastrizismen bedingen, zu belehren.

Spezifische Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist von HAFFKINE in Indien in großem Maßstabe ausgeführt, nachdem früher schon FERRAN solche Impfungen nach einem ähnlichen, aber weniger sicheren Verfahren vorgenommen hatte. PFEIFFER und KOLLE haben durch exakte Versuche an Menschen und Tieren dieser Schutzimpfung die nötige wissenschaftliche Unterlage gegeben und dieselbe vereinfacht.

HAFFKINE injizierte subkutan zunächst $^1/_{12}$ bis $^1/_8$ frischer Agarkultur von einem Choleravibrio, der durch fortgesetzte Übertragung von Kultur zu Kultur seine Virulenz eingebüßt hatte, oder $^1/_{12}$ Kultur abgetötete Vibrionen; nach 5 Tagen $^1/_{12}$ Kultur lebende virulente Vibrionen, nach abermals 5 Tagen $^1/_8$ Kultur der letzteren.

PFEIFFER und KOLLE zeigten durch fortgesetzte Prüfung des Serums, daß eine einzige Injektion vollkommen genügt; ferner daß die Verwendung lebender Kultur nicht mehr leistet wie die abgetöteter. Am besten erfolgt daher die Impfung mit $^1/_{10}$ Agarkultur (2 mg frische Kulturmasse in 1 ccm Aufschwemmung), die vor der Injektion durch Erwärmen auf 56° während einer Stunde oder durch Chloroformdämpfe abgetötet wird. Nach der Injektion stellt sich lokal eine mäßige Infiltration mit großer Schmerzhaftigkeit bei Druck und bei Bewegungen her, daneben zeigt sich Temperatursteigerung bis 39°, Frost, Mattigkeit und Appetitmangel. Nach 2—3 Tagen ist die Reaktion abgelaufen. Vom 5. Tage ab beginnt die eintretende Immunität sich durch die stärkere spezifisch bakteriolytische Kraft des Serums zu dokumentieren; am 20. Tage ist sie auf dem Höhepunkt; manchmal ist sie noch nach Jahresfrist deutlich erhalten.

HAFFKINES außerordentlich zahlreiche Beobachtungen während des Herrschens von Choleraepidemien lassen keinen Zweifel daran aufkommen, daß auch die natürliche Infektion durch diese Art der Immunisierung wirksam bekämpft wird. Trotzdem wird es in Kulturländern nicht empfehlenswert sein, beim Einbrechen von Cholera mit ausgedehnten Schutzimpfungen vorzugehen. Die oben bezeichneten Schutz- und Aufsichtsmaßregeln, die in jedem Falle unentbehrlich sind, sind im allgemeinen für die Bekämpfung der Cholera ausreichend, und nur für solche Personen, die der Ansteckung in besonderem Grade ausgesetzt sind — Krankenpfleger, Desinfekteure, Ärzte —, ferner auch für Truppenteile, welche in verseuchte Gebiete entsendet werden, kann die Schutzimpfung in Frage kommen.

Passive Immunisierung oder therapeutische Anwendung von Serum vorbehandelter Tiere sind nicht von Erfolg gewesen. Bakteriolytisches Serum kann sogar durch Auflösung vorhandener Erreger und Freiwerden von Endotoxinen schädlich wirken. Einzig brauchbar würde ein Serum sein, welches Anti-Endotoxine enthält. Vorläufig besitzen wir kein solches; doch scheint neuerdings diese Aufgabe einer Lösung näher geführt zu sein. — Von größter Bedeutung sind dagegen die durch Vorbehandlung von Tieren mit Cholerakultur gewonnenen Sera für die Choleradiagnose durch Agglutination und durch den PFEIFFERschen Versuch (s. im Anhang).

28. Spirochaete der Febris recurrens (Sp. Obermeieri).[1]

Das Rückfallfieber, Febris recurrens, trat früher in Deutschland epidemisch auf; beispielsweise in Breslau im Jahre 1868, 1873, 1879 in Epidemien von 400—600 Fällen. Jetzt ist es in Deutschland verschwunden, grassiert aber noch im östlichen Europa. — Als Krankheitssymptome beobachtet man nach einer Inkubation von 5—8 Tagen Fieber bis 41°, Milzschwellung, Erbrechen. Nach 6 Tagen tritt ein kritischer Temperaturabfall ein und es beginnt eine 5—10tägige fieberfreie Periode; dann folgt neuer Fieberanfall; oft wiederholt sich dies Spiel noch zum dritten Male.

Während der Fieberperiode beobachtet man im Blut zahlreiche Spirochäten, ohne Färbung durch ihre Bewegungen ins Auge fallend; in gefärbten Präparaten 10—30 μ lange geschlängelte Fäden von etwa 1 μ Dicke. Färbung mit Karbolfuchsin, Gentianaviolett oder nach GIEMSA (s. Anhang); grammnegativ. In Blut oder Serum auch außerhalb des Körpers bei 20° mehrere Tage haltbar; Kultur nicht gelungen; dagegen Übertragung der Recurrenserkrankung, oft mit tödlichem Ausgang, auf Affen mit dem spirillenhaltigen Blut. Auch in Meerschweinchen, Ratten und Mäusen erfolgt nach subkutaner Vorimpfung Vermehrung der Spirochäten im Blut, jedoch ohne erhebliche Krankheitserscheinungen.

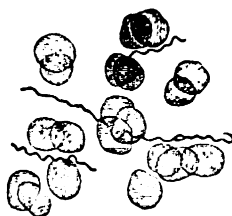


Fig. 183. Recurrensspirillen im Blut. 500 : 1.

Übertragung auf den Menschen erfolgt wahrscheinlich durch Ungeziefer (Wanzen, Flöhe usw.). Epidemiologisch ist beobachtet, daß

[1] Wie S. 516 hervorgehoben wurde, ist es noch zweifelhaft, ob die Spirochäten den Bakterien oder den Protozoën zuzurechnen sind.

Herbergen niederster Art, Asyle für Obdachlose u. dgl. gewöhnlich die Zentren für die Weiterverbreitung abgeben. Die Aufhebung bezw. gesundheitliche Überwachung dieser Art von Herbergen pflegt zu einem Verschwinden der Seuche zu führen.

Das Preußische Seuchengesetz trifft für Recurrens ähnliche Bestimmungen wie für Typhus. Insbesondere müssen kranke und krankheitsverdächtige Personen einer Beobachtung unterworfen bezw. abgesondert werden; befallene Wohnungen sind eventuell kenntlich zu machen, jugendliche Personen sind vom Schulbesuch fernzuhalten (s. S. 538.)

Neuerdings sind zwei Abarten des europäischen Febris recurrens bekannt geworden, 1. die afrikanische und 2. die (seltene) amerikanische Form, die beide kleine Abweichungen im Verlauf der Krankheit (kürzere Anfälle) und ebenso im morphologischen Verhalten der die Krankheit veranlassenden Spirochäten aufzuweisen scheinen.

Von Koch ist die afrikanische Form (Tick-Fever) genauer studiert. Hier erfolgt die Übertragung der Spirochäten auf Menschen durch Vermittelung einer Zecke (Tick), Ornithodorus moubata. Diese lebt im Boden der Eingeborenenhütten, saugt nachts das Blut der Bewohner und verkriecht sich dann in der Erde. Die aufgenommenen Spirochäten verschwinden bald aus dem Blut der Zecke, finden sich aber gehäuft an der Oberfläche des Ovariums und demnächst in einem Teil der Eier, innerhalb welcher noch Vermehrung erfolgt. Mit den aus infizierten Eiern hervorgegangenen jungen Zecken konnten Affen infiziert werden. Die Eingeborenen erkranken nicht an Recurrens, weil sie durch Überstehen der Krankheit in der Jugend immunisiert sind; der Europäer aber ist empfänglich und wird auf den Karawanenstraßen beim Übernachten in den Hütten oder auf den üblichen Lagerstellen leicht infiziert.

Spirochätenkrankheiten kommen ferner vor bei Gänsen, Hühnern, Fledermäusen, Rindern. Die Gänseerkrankung ist in Rußland, Nordafrika usw. verbreitet; die Spirochäten, von denen des Febris recurrens nicht leicht zu unterscheiden, treten in sehr großen Mengen im Blute auf. Vor dem Tode meist Agglomeration und Bildung dichter Knäuel. Ebenso verhält sich die Hühnerspirochäte, die namentlich in Brasilien zu Hause ist. Die natürliche Übertragung erfolgt durch die Zeckenart Argas.

Bei allen diesen septischen Spirochätenerkrankungen ist eine Kultur der Erreger nicht gelungen. Levaditi will in Kollodiumsäckchen in der Bauchhöhle des Kaninchens fortgesetzte Züchtung erzielt haben. — Bei allen treten Krisen mit Verschwinden der Spirochäten aus der Blutbahn in Erscheinung. Die Spirochäten fallen dabei anscheinend der Phagozytose anheim, und zwar scheinen namentlich Makro- und Mikrophagen in Milz und Knochenmark beteiligt zu sein. 48 Stunden nach der ersten Krise treten sodann lytische Antikörper im Blute auf. Diese versagen aber, wenn ein neuer Anfall eintritt, einem Teil der Spirochäten gegenüber, die gegen die Antikörper immunisiert zu sein scheinen.

Immunisierung ist sowohl aktiv (durch abgetötete oder spärliche Erreger) wie passiv (Serum geheilter Tiere) möglich. Außerdem hat sich Atoxyl (Arsen-Anilinverbindung) prophylaktisch und therapeutisch besonders bei Hühnerspirillose bewährt (Uhlenhuth).

---

29. Spirochaete pallida bei Syphilis.

Bei der Syphilis, als bei derjenigen Krankheit, welche den strengsten Typus der kontagiösen Krankheiten vertritt und welche nur durch intimen Verkehr von Mensch zu Mensch übertragen wird, hat man sich seit langer Zeit bemüht, den offenbar ätiologisch beteiligten Erreger aufzufinden; um so eifriger als die Syphilis wohl unter allen Seuchen am schlimmsten die Volksgesundheit bedroht. — Alle früheren Befunde halten jedoch einer strengeren Kritik nicht Stand. Nur die neuerdings von dem leider zu früh verstorbenen Schaudinn und von Hoffmann entdeckte Spirochaete pallida ist vermutlich ätiologisch beteiligt.

Es handelt sich um eine sehr zarte, schwer färbbare Spirochäte mit zahlreichen steilen, tiefen und regelmäßigen Windungen. Andere Spirochäten haben flachere, nicht so zahlreiche Windungen, erscheinen, namentlich in der Mitte, dicker, färben sich kräftiger, so auch die Sp. refringens, die nicht selten neben Sp. pallida vorkommt. Zum Nachweis in Ausstrichpräparaten bedient man sich der Giemsa-Färbung (s. Anhang), 1 Stunde kalt oder einige Minuten warm; am schnellsten und sichersten führt die Dunkelfeldbeobachtung zum Ziel. Für Organschnitte eignet sich die Silbermethode nach Levaditi, bei der allerdings eine Verwechslung einzelner Spirochäten mit veränderten Gewebsbestandteilen nicht ausgeschlossen ist; oder Färbung mit Giemsalösung in Gefrierschnitten nach Formalinfixierung.



Fig. 184. Spirochaete pallida. 900:1. Ausstrich von einem Primäraffekt, Giemsa-Färbung. × = zwei Exemplare von Sp. refringens

Der Nachweis gelingt bei akquirierter Syphilis fast stets in den Krankheitsprodukten der Frühperiode (Gewebssaft von Primäraffekten und Schleimhautpapeln, Punktionssaft geschwollener Lymphdrüsen usw.); schwieriger bei Späterkrankungen; sehr reichlich in Haut und inneren Organen kongenital-syphilitischer Kinder und Föten.

Die Konstanz des Vorkommens der Spirochäten in syphilitischen Produkten muß zugegeben werden; einzelne negative Ergebnisse sind bei der Schwierigkeit des Nachweises selbstverständlich. Das für den Beweis der ätiologischen Rolle unerläßliche Korrelat, die Ausschließlichkeit des Vorkommens nur bei Syphilis, kann nicht so leicht und

sicher zweifellos erwiesen werden. Die meisten Befunde, z. B. die Spirochäten bei ulzerierenden Karzinomen, die scheinbaren Spirochäten in silberbehandelten normalen Organen usw., lassen für den Geübten deutliche Differenzen erkennen; bei Frambösie, einer allerdings der Syphilis anscheinend verwandten tropischen Krankheit, sind in den uneröffneten Blasen Gebilde gefunden, die sich von Sp. pallida schon schwieriger unterscheiden lassen. Weitere Beobachtungen in dieser Richtung werden noch abzuwarten sein. Auch entsprechen die bisherigen Befunde über die Lagerung der Spirochäten in den erkrankten Organen noch nicht durchweg den Anforderungen der pathologischen Anatomie.

Züchtung der Sp. pallida ist nicht gelungen; nur bei Einimpfung in die Cornea des Kaninchens kommt es manchmal offenbar zu ausgiebiger Wucherung.

Bemerkenswert ist die Beobachtung von Uhlenhuth, Metschnikoff u. a., daß Atoxyl, das oben genannte gegen andere Spirochätenkrankheiten mit Erfolg verwendete Arsenpräparat, auch bei Syphilis eine schützende bezw. heilende Wirkung für Infizierte gezeigt hat.

Neben den Spirochäteforschungen gehen zurzeit größere Untersuchungsreihen über Syphilis einher, in welchen durch Tierexperimente Aufklärung über die wichtigsten Fragen der Syphilisätiologie angestrebt wird (A. Neisser). Da nach neueren Forschungen Syphilis nicht nur auf anthropoide Affen, sondern in Form der Primäraffekte auch auf niedere Affen und bis zu einem gewissen Grade sogar auf Kaninchen wirksam übertragen werden kann, sind auf diesem Wege wichtige Fortschritte zu erwarten, die schließlich vielleicht zu einem praktisch brauchbaren immunisierenden oder serotherapeutischen Verfahren führen. Einstweilen sind bereits Erfolge zu verzeichnen auf serodiagnostischem Gebiete, und zwar durch die von Wassermann, Neisser und Bruck angegebene, S. 587 beschriebene Methode, mit der sowohl Antigene wie Antikörper luetischer Natur nachgewiesen werden können.

Prophylaktisch kann in allgemein bekannter Weise durch aufklärende Merkblätter, Regelung der Prostitution usw. der Verbreitung der Syphilis entgegengewirkt werden. — Das Preußische Seuchengesetz sieht für solche Personen, welche gewerbsmäßig Unzucht treiben, und zwar Kranke, Krankheitsverdächtige und Ansteckungsverdächtige bei Syphilis, Tripper und Schanker eine Beobachtung, für derartig Erkrankte Absonderung vor. Ferner können erkrankte Personen, die gewerbsmäßig Unzucht treiben, zu ärztlicher Behandlung zwangsweise angehalten werden, sofern dies zur Verhütung der Ausbreitung erforderlich scheint.

E. Protozoenkrankheiten.

1. Amöbendysenterie.

Bei der tropischen und subtropischen (ägyptischen) Ruhr finden sich in den Dejekten und in Schnitten durch die Darmschleimhaut, ferner im Eiter der die Krankheit nicht selten begleitenden Leber-

abszesse, reichliche Mengen von Amöben, 1—5mal so groß wie Leukozyten, keine Vakuolen, sondern nur vakuolenähnliche rundliche Gebilde und oft Fremdkörper enthaltend; Kerne schlecht färbbar und daher kaum sichtbar = Entamoeba histolytica Schaudinn.

Von der saprophytischen Entamoeba coli Loesch dadurch unterschieden, daß letztere Encystierung und Teilung in acht Kerne zeigt. Bei der Ruhramöbe wird vorzugsweise multipele Knospung, Abschnürung mehrerer kleinerer Tiere beobachtet; unter Umständen auch Bildung von Dauerformen. Außerdem ist sie bisher nicht züchtbar, während Ent. coli in Strohinfus usw. sich züchten läßt. — Übertragung der Ruhramöbe gelingt auf junge Katzen durch Injektion vom Stuhl oder Abszeßeiter in anum; es entsteht heftige Entzündung und Geschwürsbildung im Dickdarm (Kruse).

In Deutschland scheint nur bazilläre Ruhr vorzukommen. Prophylaktisch ist gegen die Amöbenruhr gegebenenfalls ebenso vorzugehen wie gegen bazilläre Ruhr, da auch bei jener die erkrankten Menschen (eventuell chronische Fälle) das Zentrum der Ausbreitung bilden.

2. Trypanosen.

Zurzeit unterscheidet man sieben Arten von Trypanosomen, die bei Warmblütern im Blutplasma wuchern und dadurch Krankheiten hervorrufen. Zum Teil sind sie durch Größe, Form und Lage des Blepharoplasten (s. S. 520) deutlich voneinander zu unterscheiden. Bei manchen Arten sind aber wegen ihrer Neigung zu variieren solche Kennzeichen nicht festzuhalten. Alle werden durch stechende Insekten, namentlich durch Glossina-, Stomoxys-, Tabanusarten, übertragen und scheinen in diesen eine gewisse Entwickelung durchzumachen. Als therapeutisches Mittel haben sich bei verschiedenen derartigen Infektionen Arsenpräparate bewährt; eine Analogie mit den oben beschriebenen Spirochätenkrankheiten.

a) Tr. Lewisi, Rattentrypanose. Unter den Ratten sehr verbreitet; durch subkutane oder intraperitoneale Impfung übertragbar. Meist fehlen Gesundheitsstörungen. Natürliche Übertragung anscheinend durch eine Läuseart Hämatopinus. — Im Blute oft multipele Teilung unter Bildung von Rosettenformen. Eine Art von Züchtung gelingt im Kondenswasser von Blutagar. Etwa 10 Tage nach der Übertragung auf eine Ratte gewinnt deren Serum schützende Wirkung, auch enthält es Stoffe, welche Agglomeration der Tr. in vitro herbeiführen.

b) Tr. Theileri; sehr großes, 30—70 μ langes Tr.; bei einer Rinderkrankheit bebobachtet.

c) Tr. Brucei, Erreger der Tsetsekrankheit (Nagana). In Afrika bei Rindern, Pferden, Eseln, Hunden, Schweinen usw. spontan auftretend, überimpfbar auch auf Meerschweinchen, Ratten, Mäuse. Chronischer Krankheitsverlauf; unregelmäßiges Fieber, rote Blutkörperchen stark vermindert, starke Abmagerung, Ödeme an Bauch und Beinen. Selten Heilung. Übertragen durch Glossinen, und zwar hauptsächlich durch Gl. morsitans, aber auch Gl.

fusca und andere Arten. Die Tsetsefliegen haben ein Paar, in der Ruhe auf dem Rücken übereinandergelegte Flügel. Sie produzieren nur alle 10—14 Tage eine Larve, die sich rasch verpuppt und nach 6 Wochen eine geschlechtsreife Fliege liefert. Die Fliegen halten sich in schmalen Waldstreifen entlang den Seen und Flüssen auf; sie stechen vorzugsweise kurz nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang. — Die Entwickelung, welche die Trypanosomen in den Fliegen durchmachen, ist noch nicht vollkommen geklärt. KOCH hat männliche und weibliche Typen unterschieden; ferner einfache kuglige Zellen mit Kern, die er als Jugendformen anspricht; daneben eigentümliche lange bandartige Formen. — Die Bekämpfung kann sich gegen die so spärlich sich vermehrenden Glossinen richten. Aktive Immunisierung mit schwach virulenten Tr. ist möglich; ebenso die Gewinnung eines an Schutzstoffen reichen Serums. Praktische Erfolge sind damit jedoch noch nicht erzielt. — LÖFFLER hat therapeutisch die Sol. Fowleri sehr wirksam gefunden.

d) Tr. Evansi, erzeugt die Surrakrankheit der Pferde, Esel, Kamele namentlich in Indien. Mit dem vorigen vielleicht identisch.

e) Tr. equinum, erzeugt die unter dem Namen „Mal de Caderas“ bekannte Kruppenkrankheit der Pferde in Südamerika.

f) Tr. equiperdum. Erreger der Dourine, einer in Algier, Spanien usw. in den Gestüten auftretenden Beschälkrankeit der Pferde. 8—15 Tage nach dem Koitus entstehen Ödem des Penis, Plaques auf der Haut und eigentümliche Affektionen der Schleimhäute. Im Blut massenhaft Tr. von ca. 25 μ Länge. Auf Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten übertragbar, aber unsicher. Atoxyl hat im Tierexperiment Heilung ergeben (UHLENHUTH).

g) Tr. Gambiense, 15—30 μ lang, erzeugt in Afrika, in neuerer Zeit namentlich in Britisch-Ostafrika und Uganda, bei Negern und auch bei Europäern eine Trypanose, welche häufig ihren Ausgang in die „Schlafkrankheit“ nimmt. Die Trypanose macht sich bemerkbar durch unregelmäßiges Fieber, Abmagerung, Ödeme, Milzvergrößerung. Bald treten Drüsenschwellungen an Hals und Nacken auf; durch die mikroskopische Untersuchung von Punktionsflüssigkeit aus solchen Drüsen gelingt der Nachweis der Trypanosomen und damit die sicherste Diagnose der Krankheit. In einem Bruchteil der Fälle treten allmählich zerebrale Symptome hinzu, namentlich eine Schläfrigkeit, die in vollständiges Koma übergeht. Man findet in diesem Stadium in der Lumbalpunktionsflüssigkeit Trypanosomen; daneben scheinen fast regelmäßig Streptokokken in den Hirngefäßen zu wuchern. Atoxylbehandlung, die von THOMAS und DUTTON, von BROOLEN und AYRES KOPKE schon als günstig wirkend erkannt wurde, ist von KOCH in besonderer Anwendungsweise mit bestem Erfolg versucht. Die natürliche Übertragung geschieht durch Gl. palpalis, deren Ausrottung vielleicht für die Bekämpfung der Krankheit in Betracht kommt. — Die Trypanosomen lassen sich auf Affen, aber auch auf Hunde und Meerschweinchen übertragen und rufen bei diesen Krankheit von chronischem Verlauf hervor.

3. Piroplasmosen.

Birnförmige Parasiten, welche die roten Blutkörperchen bewohnen und durch Zecken (achtbeinige, den Spinnen nahestehende Blutsauger) übertragen werden, in welchen sie eine Entwickelung durchmachen. Krankheiten durch Piroplasmaarten sind beim Schaf, Pferd, Hund bekannt. Am wichtigsten ist die

Piroplasmose der Rinder (Texasfieber, Hämoglobinurie der Rinder). In allen Erdteilen und auch in Europa sehr verbreitet. Die Rinder erkranken unter Fieber, Blutharnen, Ikterus, starker Reduktion der roten Blutkörperchen. Im Blut finden sich in großer Menge in den Erythrozyten kleine, meist zu zweien gelagerte, birnförmige Körperchen, etwa 3 μ lang, mit den spitzen Enden konvergierend. Übertragen durch Boophilus annulatus und decoloratus. Die sechsbeinigen jungen Larven dieser Zecke bohren sich unter die Haut der Rinder und leben von dessen Blut. Nach mehrfacher Häutung innerhalb 14 Tagen sind sie geschlechtsreif; es erfolgt Befruchtung; nach Anschwellung bis zur Größe eines Haselnußkerns fällt die Zecke ab, legt im Gras der Weiden 2—4000 Eier, aus denen nach 3—4 Wochen die jungen Larven mit infektionstüchtigen Parasiten auskriechen. — Nach Kochs Beobachtungen werden im Mageninhalt der Zecken, welche Blut mit Parasiten gesogen haben, letztere bald frei und es bilden sich dann eigentümliche Stachelfiguren, deren Stacheln vom Chromatin ausgehen. Auch Kopulationszustände scheinen vorzukommen; ferner in den Eiern große birnförmige Körper von noch unklarer Bedeutung. Kälber sind relativ wenig empfänglich; eine Bekämpfung der Krankheit ist daher (außer durch Absperrung und Einfuhrverbot gegenüber verseuchten Gegenden) durch absichtliche Übertragung von Piroplasmenblut auf Kälber versucht, die nur leicht erkranken und dann immunisiert sind; aber Mißerfolge sind sehr häufig.

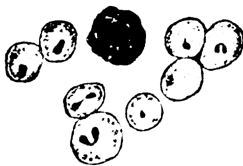


Fig. 185. Blut mit Pyrosoma bigeminum. 600 : 1.

4. Malariaparasiten.

Allgemeine Morphologie und Biologie s. S. 519.

a) Halteridium Danilewskyi. In unserem Klima während des Sommers im Blut fast aller Turmfalken, Buchfinken usw. Selbst bei reichlichem Parasitengehalt zeigen die Vögel wenig oder keine Krankheitserscheinungen Künstliche Übertragung durch Blut ist nicht gelungen. — In den Erythrozyten zahlreiche Parasiten, kurze oder längere Würmchen, die bei ihrem weiteren Wachstum sich schließlich ganz um den Kern des Erythrozyten herumlagern, ohne ihn zu verschieben. Am Schluß des Wachstums müßte man Schizogonie und Freiwerden der Schizonten erwarten; dies ist aber bisher nicht beobachtet, man weiß nicht, wo die jungen Formen gebildet werden, die an manchen Tagen in Masse auftauchen. Schaudinn hat beim Steinkauz beobachtet, daß die Parasiten nur über Tag in den roten Blutkörperchen festsitzen, über Nacht als Trypanosomen außerhalb derselben leben, und daß in letzterem Zustande nach ca. 6 Tagen durch Längsteilung Schizogonie eintritt. — Besonders leicht lassen

sich bei Halteridium dagegen die Anfänge der geschlechtlichen Entwickelung beobachten: Untersucht man das Blut nach Mischung mit 1 Teil Serum von Taubenblut und 9 Teilen 0·6 prozentiger Kochsalzlösung im hängenden Tropfen, so tritt der Parasit aus den Blutkörperchen heraus, die Hantelform geht in Kugelform über; man kann dann mit der ROMANOWSKY-Färbung zwei Kategorien von runden Körpern unterscheiden, solche mit blaßblauem Plasma und kompakter Chromatinmasse, an deren Rand bald 4—8 fadenförmige Gebilde auf-

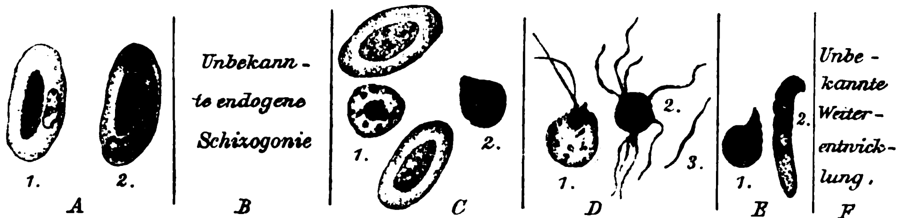
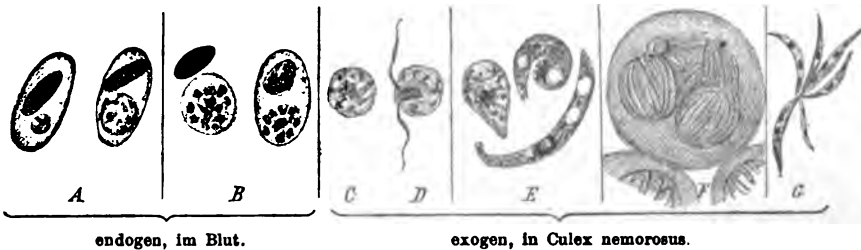


Fig. 186. Entwickelung von Halteridium. 1000 : 1 (nach KOCH).
A = Taubenblutkörperchen mit jungen (1) und älteren (2) Parasiten. *C* = Freie Gameten, 1 = Männchen, 2 = Weibchen. *D* = Aussendung der Mikrogameten; 1 = zwei aus dem Chromatinkörper hervorgehende Spermatozoën; 2 = Parasit mit vollständig entwickelten Sp.; 3 = abgetrenntes Sp. *E* = Würmchenbildung; 1 = weiblicher Parasit mit beginnender Würmchenbildung; 2 = fertiges Würmchen.

treten, die sich losreißen und frei in der Blutflüssigkeit bewegen; und zweitens solche mit kräftig blauem Plasma und aufgelockertem Chromatin. Erstere sind als männliche, letztere als weibliche Gameten (Gametocyten) anzusehen. Treffen die spermatozoenähnlichen Mikrogameten auf einen weiblichen Gameten, so entsteht an diesem binnen etwa 20 Minuten eine Vorwölbung, dann ein spitzer Zapfen, aus dem schließlich ein freies, wenig bewegliches Würmchen hervorgeht. Dieses muß vermutlich in einem Zwischenwirt (Culex) seine weitere Entwickelung durchmachen.



endogen, im Blut. exogen, in Culex nemorosus.

Fig. 187. Entwickelung von Proteosoma. 1000 : 1 (nach KOCH).
A = Sperlingblutkörperchen mit Parasiten. *B* = Schizogonie. *C* und *D* = Freie Parasiten, nehmen sphärische Form an, der männliche mit Mikrogameten. *E* = Würmchenbildung. *F* = Cysten in der Magenwand von Culex, sekundäre Kugeln mit Sichelkeimen enthaltend *G* = Freie Sichelkeime.

b) Proteosoma Grassii. Kommt hauptsächlich in südlichen Ländern in Stieglitzen, Sperlingen usw. vor. Verursacht schwere Erkrankung, die sich durch Bluteinimpfung und durch Mücken experimentell auf gesunde Vögel übertragen läßt. Meist findet sich reichlich Halteridium neben Proteosoma im Blut der Vögel. Letzterer Parasit zeigt nur runde oder ovale Formen; ferner verdrängt er den Kern des befallenen Blutkörperchens, indem er ihn nach einem Pole zu verschiebt und dabei um seine kurze Achse dreht. Bei den heran-

gewachsenen Parasiten tritt Schizogonie ein, indem 16 kleine Schizonten das im Zentrum zusammengezogene Pigment rosettenartig umlagern. Neben dieser endogenen Vermehrung beobachtet man die Anfänge der geschlechtlichen Entwickelung wie bei Halteridium in Serummischungen, nur daß es nicht bis zur Würmchenbildung kommt. Diese finden sich vielmehr erst im Mageninhalt von Culex nemorosus, 12—15 Stunden nachdem die Mücke Blut der erkrankten Vögel eingesogen hat. Nach 48 Stunden sind die Würmchen verschwunden, es bilden sich aber an der Außenseite des Magens von Culex kugelförmige, durchsichtige Gebilde (Coccidien), deren Inhalt sich in Sporoblasten und am 6.—7. Tage in zahlreiche Sichelkeime verwandelt. Letztere überschwemmen den ganzen Körper, sind aber vom 9. bis 10. Tage an nur noch in den Speicheldrüsen. Von diesen aus gelangen die Keime beim Stechen gesunder Vögel in deren Blut und vermehren sich dort zunächst wieder durch Schizogonie.

c) Malariaparasiten der Affen. Beim Orang anfangs Tropika-Ringe; Gameten ähnlich wie bei Quartana, Schizogonie wie bei Tertiana. Bei Makaken etwas abweichende Formen (Kossel, Halberstädter und Prowazek). Nach Serummischung Bildung von Körpern mit fadenförmigen Fortsätzen; Befruchtung und Würmchenbildung noch nicht klar.

d) Malaria hominis. In frischen ungefärbten Blutpräparaten sind die Parasiten durch ihre Pseudopodienbildung leicht kenntlich. — Färbung dünner Ausstrichpräparate nach Koch: 15 Teile Borax, 6 Methylenblau, 300 Wasser: darin wenige Sekunden färben und in Wasser spülen, bis ein grünlicher Farbenton sich zeigt. — Oder nach Romanowsky-Giemsa (s. im Anhang).

Die jüngsten Parasiten haben Napf- oder Ringform und füllen nur $^1/_{10}$ des roten Blutkörperchens. Allmählich wachsen sie; dabei wird, oft unter auffälligem Abblassen des Blutkörperchens, Melanin gebildet, das sich bald in kleineren, bald größeren Stäbchen und Körnchen zerstreut in den Körper des Parasiten einlagert. Schließlich kommt es zur Schizogonie; das Pigment sammelt sich in manchen Fällen im Zentrum, in anderen bleibt es mehr verteilt; der Körper des Parasiten teilt sich in 8—20 kleine Elemente, die rosettenartig das Pigmentzentrum umlagern können (Gänseblümchenstadium), schließlich aber sich loslösen, frei im Plasma treiben und von da aus neue rote Blutkörperchen befallen. Die Zeit der Auflösung in die Schizonten fällt mit dem Fiebereintritt zusammen, wohl infolge des Freiwerdens pyrogener Stoffwechselprodukte.

Außer dieser endogenen Schizogonie kann man nicht selten die Anfänge exogener geschlechtlicher Entwickelung beobachten. Wenn die Krankheit längere Zeit bestanden hat und eine gewisse Immunität eintritt, treten Gameten auf, die zuerst noch vom roten Blutkörperchen umschlossen sind, später frei werden. Unter ihnen kann man ähnlich wie bei Halteridium nach der Färbung des Plasmas und nach

der Chromatinverteilung zwei Kategorien unterscheiden: männliche und weibliche Gameten. Von ersteren, den Mikrogametocyten, kann man zuweilen im entnommenen Bluttropfen beobachten, daß sie sich mit

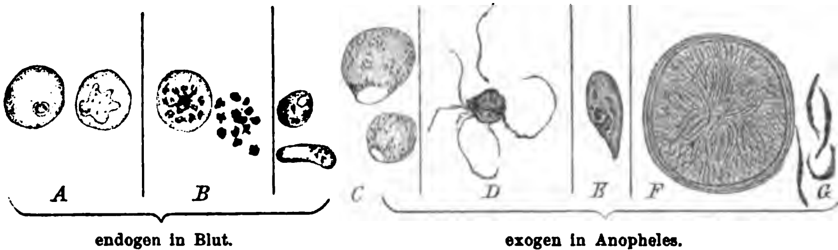


Fig. 188. Entwickelung des Malariaparasiten. 1000 : 1 (*F* = 600 : 1), teilweise schematisch. *A* = Menschliche Blutkörperchen mit Parasiten. *B* = Schizogonie. *C* = Makrogameten (rechts) und Mikrogametocyten (links). *D* = Mikrogameten-Aussendung. *E* = Würmchen aus dem Darm von Anopheles. *F* = Zyste in der Magenwand von Anopheles, mit Sichelkeimen. *F* = Freie Sichelkeime. *E*—*G* nach GRASSI.

geißelartigen Fäden, den Mikrogameten, umgeben. Die Befruchtung der Gameten und eine Würmchenbildung ist aber in den Blutpräparaten nicht beobachtet; diese erfolgt nach den Untersuchungen von Ross, KOCH, GRASSI und CELLI erst im Intestinaltractus von Anopheles claviger s. maculipennis. Die Würmchen bohren sich in die Magenwand dieser Mücken ein und veranlassen hier die Bildung einer coccidienartigen Zyste, in der Sporoblasten und schließlich sichelförmige Sporen entstehen. Letztere sammeln sich vorzugsweise in der Speicheldrüse an. Von da aus wird durch Stiche des Insekts die Krankheit auf gesunde Menschen übertragen.

Sowohl durch zahlreiche Beobachtungen in Malaria- und malariafreien Gegenden sowie durch Experimente mit Stechmücken, die man am Kranken hat saugen und nach zirka 10 Tagen (der Zeit, die bis zur Ausbildung der Sichelkeime verfließt) Gesunde hat stechen lassen-ist sichergestellt, daß Anopheles claviger als Zwischenwirt bei der Verbreitung der Malaria beteiligt ist, während Culexarten nur für die Vogelmalaria in Betracht kommen.

Genus Culex unterscheidet sich von Anopheles z. B. durch die kurzen Fühlhörner und die wenig gefiederten Antennen der Weibchen, während beim Männchen die Fühlhörner länger sind als der Rüssel. Bei Anopheles sind Fühlhörner und Stechapparat ungefähr gleich lang und die Antennen stärker gefiedert. Der Körper des sitzenden Culex ist geknickt, so daß das Hinterende parallel der Wandfläche ist; bei Anopheles bildet der Leib eine gerade Linie und steht in einem Winkel von 45° zur Wandfläche. Bei Culex hängt die Larve fast senkrecht von der Wasseroberfläche abwärts, bei Anopheles liegt sie parallel zur Wasseroberfläche dicht unter dieser. Anopheles claviger ist speziell gekennzeichnet durch vier auf jedem Flügel befindliche in Form eines T gestellte dunkele Flecke.

Zuweilen beobachtet man, daß die im Blut anläßlich der sich einstellenden Unempfänglichkeit des Wirts gebildeten Gameten wieder Schizonten bilden; dies geschieht offenbar in den Fällen, wo erneut der Wirt so weit empfänglich wird, daß der Parasit noch eine Zeitlang im Wirtsblut sein Leben fristen kann und wo infolgedessen Rezidive der Krankheit auftreten.

Die Malaria tritt in drei verschiedenen Typen auf, denen ebenso viele Abarten des Malariaparasiten entsprechen:

Der Parasit der Febris quartana (mit Wiederholung des Frost- und Fieberanfalls nach je 72 Stunden) zeigt grobe Pseudopodien, grobes Pigment, 8—12 Schizonten; häufig bildet der Parasit mehr oder

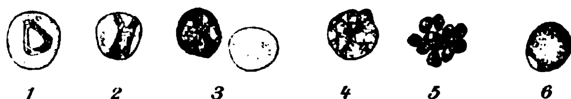


Fig. 189. Quartana-Parasiten. 800:1. *1—4* Schizonten. *5* Schizogonie, *6* Makrogamet.

weniger deutlich ein Band quer über den Leib des Erythrozyten. Gameten sind spärlich; sie werden nicht größer als ein rotes Blutkörperchen, zeigen grobes Pigment. Vielfach gehen die Gameten



Fig. 190. Tertiana-Parasiten. 800:1. *1—3* Schizonten, *4* Schizogonie, *5* Makrogamet, *6* Mikrogametocyt.

wieder in Schizogonie über; keine Malariaform zeigt so häufige und hartnäckige Rezidive.

Bei Febris tertiana (Fieberanfall alle 48 Stunden) erscheint der Parasit zarter, Pseudopodien dünner (sog. „zerrissene" Formen),

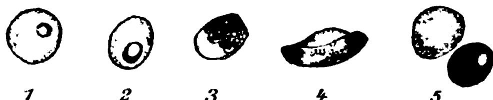


Fig. 191. Tropica-Parasiten. 800:1. *1—3* Schizonten, *4* Mikrogametocyt, *5* Freier Makrogamet.

Pigment feiner. Die befallenen roten Blutkörperchen nehmen an Größe zu; zum Teil erscheinen sie bei der Färbung nach Romanowsky rot getüpfelt (charakteristisch für Tertiana). Die Schizonten sind 16—20 an Zahl, unregelmäßig verteilt. Gameten zahlreich, größer als Erythrozyten, bis zur doppelten Größe; feineres verteiltes Pigment.

Die Malaria tropica (oder Aestivo-Autumnalfiber der Italiener) ist eine Tertiana, bei der zwar auch alle 48 Stunden der Anfall sich wiederholt, bei der aber das Fieber zirka 40 Stunden andauert, die Remission nur 6—8 Stunden. Zu Anfang des Fiebers findet man hier den Parasiten in Form kleiner Ringe mit deutlichem Chromatinkorn; zu Ende und während der Remission größere Ringe, aber immer nicht mehr als $^1/_3$ der roten Blutkörperchen einnehmend, mit einer Verbreiterung gegenüber dem Chromatinkorn. Einzelne Pigmentkörner sind meist nicht sichtbar, nur braune Verfärbung. Schizontenbildung ist im Blut aus der Fingerkuppe nicht zu beobachten; dieselbe erfolgt nur in inneren Organen, namentlich in der Milz. Von dort entnommene Blutproben zeigen Bilder ganz ähnlich wie bei der Schizogonie von Proteosoma. Die Gameten treten in Halbmond- oder Eiform auf. Die männlichen zeigen ein blasser gefärbtes Plasma und reichlicheres, kompakteres Chromatin, die weiblichen dunkeler gefärbte Leiber, weniger Chromatin. Die Halbmonde schmiegen sich anfangs dicht an die Erythrozyten an, diese oft um das Doppelte in der Länge überragend; später sind sie ganz frei. —

Die beschriebenen Parasiten sind zweifellos als die Erreger der Malaria anzusehen, weil sie in jedem Einzelfall von Malaria mit Sicherheit nachgewiesen, nie aber bei gesunden Menschen oder anderen Kranken gefunden werden; weil ferner die Menge der Parasiten der Intensität der Krankheit entspricht; weil wirksame Chininbehandlung auch die Parasiten zum Verschwinden bringt; und weil intravenöse Injektion kleiner Mengen parasitenhaltigen Blutes — aber auch nur solchen Blutes — bei Gesunden typische Malaria hervorruft.

Epidemiologie. Die Malaria ist von jeher als typisches Beispiel einer nicht kontagiösen, ektogenen Infektionskrankheit aufgeführt. Nach allen Beobachtungen wird die Krankheit niemals vom Kranken auf den Gesunden direkt übertragen, es sei denn durch Überimpfung von Blut. Die natürliche Infektion erfolgt vielmehr nur durch den Aufenthalt an einem Malariaorte; und man hat daher von jeher den örtlichen Verhältnissen, unter welchen Malaria vorkommt, besonderes Interesse zugewandt.

Die Malaria ist weitaus am verbreitetsten in der tropischen und subtropischen Zone, wo sie als die verheerendste unter allen Krankheiten auftritt; in der kalten Zone fehlt sie gänzlich, in der gemäßigten zeigt sie teilweise noch sehr starke Verbreitung. Innerhalb Europas herrscht Malaria besonders in Südrußland, den Donauniederungen Ungarns und der Donaufürstentümer, in der Poebene und am größten Teil der Westküste Italiens von Pisa abwärts, im Weichseldelta und

in den Marschen Ostfrieslands und Hollands. Namentlich in der letztgenannten Gegend wie überhaupt in ganz Europa ist die Krankheit in den letzten Jahren sehr stark zurückgegangen.

Ausgedehnte Landstrecken in Europa und ebenso in der tropischen Zone sind völlig frei von Malaria; so z. B. fast ganz Mittel- und Süddeutschland, England, ein großer Teil Frankreichs usw.

Manche Gegenden sind nicht dauernd immun, sondern werden nur zuweilen von Malariaepidemien betroffen, die sich über weite Strecken verbreiten. Nicht selten wird auch beobachtet, daß im Laufe längerer Jahrzehnte Malariaherde zu immunen Orten umgewandelt und umgekehrt früher umempfängliche Gegenden für Malaria disponiert werden. In solchen Fällen liegen meist Änderungen der Bodenoberfläche (Trockenlegung, Entwaldung u. dgl.) vor.

Vergleichende Untersuchungen über die Eigenschaften des Malariabodens haben alle früheren Beobachter zu der Anschauung geführt, daß nur ein Boden von relativ hoher Feuchtigkeit, von zeitweise großer Wärme und von einem beträchtlichen Gehalt an organischen Stoffen für Malaria disponiert sei. Von diesen Bodeneigenschaften nahm man früher an, daß sie für das Gedeihen der Malariaerreger selbst erforderlich seien, während man sie jetzt nur als die Entwickelungsbedingungen der Zwischenwirte der Erreger, Anopheles, anspricht.

Die nötige Feuchtigkeit findet sich niemals auf kompaktem Felsboden, selten auf zerklüftetem Felsboden, häufig dagegen in porösem Schwemmboden. Hier kann sie teils durch hohen Stand des Grundwassers, teils durch Austreten von Flüssen, teils dadurch bewirkt werden, daß die schwer durchlässigen oberen Bodenschichten die Niederschläge lange zurückhalten. Oft bietet geradezu sumpfiges Terrain, wie es sich auf Ebenen oder in muldenförmigen Tälern entwickeln kann, Malariagefahr; oft ist der betreffende Boden während eines Teils des Jahres trocken und besitzt nur zeitweise den erforderlichen hohen Feuchtigkeitsgrad. Dauernd trockener Boden ist stets frei von Malaria; ebenso ein ständig mit Wasser überflutetes Terrain. — Mancher scheinbar disponierte feuchte Boden läßt trotzdem Malaria vermissen; vielleicht nur, weil zufällig keine Anopheles dorthin gelangt sind, oder weil irgend einer anderen Lebensbedingung derselben nicht entsprochen ist, oder weil den Mücken keine Gelegenheit zur Aufnahme von Parasiten gegeben war.

Die für einen Malariaboden erforderliche Wärme beträgt mindestens 15 bis 16°. Gegenden, in welchen die Lufttemperatur im Mittel des wärmsten Monats diese Höhe nicht erreicht, sind immun. Auch eine Maximalgrenze für die Temperatur scheint zu existieren, doch ist dieselbe nicht genauer ermittelt.

Der Gehalt des Bodens an organischen Stoffen kann stark variieren; ein Mehr oder Weniger scheint von geringem Einfluß auf die Malariadisposition zu sein.

Neben der örtlichen Disposition gibt sich in den meisten Malariagegenden eine deutliche zeitliche Disposition zu erkennen. In der nördlichen ge-

mäßigten Zone zeigt die Malaria zwei Maxima, im Frühling und im Herbst; in südlicheren Ländern ist nur ein Maximum ausgeprägt, das den Sommer und Herbst umfaßt; in tropischen Malariagegenden treten häufigere Erkrankungen erst mit dem Beginn der Regenzeit auf, erreichen mit dem Nachlaß derselben ihr Maximum und nehmen dann wieder ab. — In der kälteren Zone ist es vorzugsweise die Wärme, welche variiert und die zeitliche Disposition bestimmt während die Feuchtigkeit weniger schwankt, in der heißen Zone fehlt es dagegen nie an der erforderlichen Wärme und der zeitlich schwankende Faktor ist die Feuchtigkeit. — Die Witterung der einzelnen Jahre ist oft von sehr entschiedenem Einfluß auf die Malariafrequenz, aber die gleiche Witterung wirkt an verschiedenen Orten sehr ungleich. Bei sehr feuchtem Terrain bringt anhaltender Regen Überflutung und damit ein Erlöschen der Epidemie zustande, bei trockenerem Boden wirkt er auslösend auf dieselbe. Trockenes Wetter kann bei sehr feuchtem Terrain die Malaria begünstigen, bei weniger feuchtem derselben ein Ende bereiten.

Diese Beobachtungen über die örtliche und zeitliche Disposition decken sich im allgemeinen mit dem, was wir über die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen von Anopheles claviger wissen. Daß die Malariaparasiten selbst in einem Boden von bestimmter Beschaffenheit saprophytisch wuchern können, dafür haben wir bis jetzt keine Anhaltspunkte. Man hat früher behauptet, daß in geeignetem Terrain Wasser und Luft die im Boden wuchernden Krankheitserreger verbreiten könne. Frühere kritische Untersuchungen und neuerdings Versuche von CELLI machen aber eine Übertragung durch Wasser völlig unwahrscheinlich. Wasser aus exquisiten Malariagegenden in malariafreie Gegend transportiert und hier von Gesunden getrunken, hat keine Erkrankung ausgelöst; und die Zuleitung einwandfreien Trinkwassers zu Malariagegenden hat dort die Malariaverbreitung nicht vermindert. Gegen eine Übertragung der Keime durch Luft spricht die scharfe vertikale und horizontale Begrenzung des Infektionsbereichs, so zwar, daß z. B. eine gewisse Erhebung der Wohnungen über das Terrain bereits ausreicht, um Schutz gegen Infektion zu gewähren; ferner spricht dagegen der Wechsel der Infektiosität mit der Tageszeit und die sehr erhebliche Steigerung zur Abend- und Nachtzeit.

Alle Erfahrungen über die Verbreitung der Malaria lassen sich vielmehr verstehen, sobald man als einzigen Übertragungsmodus die Einverleibung der Parasiten durch deren Zwischenwirt, Anopheles claviger, gelten läßt. — Die Anophelesmücken deponieren ihre Eier in seichten Gewässern, sumpfigem Boden; aus jedem Ei kriecht eine ca. 1 cm lange Larve aus, die auf ein Leben im Wasser angewiesen ist. Dann folgt die Verpuppung, schließlich das Ausschlüpfen des Insekts. Für den ganzen Entwickelungskreis bedarf es bei 20—25° Wärme etwa 30 Tage.

Eine endemische Ausbreitung von Malaria kommt nach allen neueren Beobachtungen nur da vor, wo Anopheles claviger diese Entwickelung fortdauernd durchmachen kann. Sumpfiges Terrain fand Koch z. B. im Tengger-Gebirge auf Java; dorthin wird durch Kranke, die von den ausgedehnten Malariaherden der Insel kommen, wiederholt Malaria eingeschleppt, es findet aber keine Verbreitung auf seßhafte Bewohner statt, weil es dort an Anopheles fehlt.

Endemische Malaria hat also nach unseren heutigen Vorstellungen drei Voraussetzungen.

Erstens: Malariakranke mit Parasiten in Gametenform im Blut. Auch bei der Malaria spielt daher in weit höherem Maße, als man dies angenommen hat, der kranke Mensch in der Verbreitung der Krankheit eine bedeutungsvolle Rolle.

Zweitens: Anophelesmücken müssen reichlich vorhanden sein, also gute Lebensbedingungen vorfinden; diese müssen Gelegenheit haben, Blut von Malariakranken aufzunehmen und die Parasiten (innerhalb 10—12 Tagen) bis zur Bildung freier Sichelkeime zur Entwickelung zu bringen.

Drittens: Empfängliche Menschen müssen von Anopheles, welche 10—12 Tage oder länger vorher von Malariakranken Blut aufgenommen hatten, gestochen und beim Stich mit Sichelkeimen infiziert werden.

Die Prophylaxis kann eine dieser drei Bedingungen auszuschalten versuchen.

Erstens läßt sich versuchen, die Malariaparasiten im erkrankten Menschen zu vertilgen. Dies gelingt nach Koch dadurch, daß man bei den Kindern Blutuntersuchungen vornimmt (ebenso bei kürzlich zugereisten Erwachsenen). Koch hat festgestellt, daß im Gebiet der tropischen Malaria bei neu zugereisten Erwachsenen die Krankheit nach 3—4 Jahren zur Immunität zu führen pflegt, falls nicht der Tod eingetreten ist. Die Erwachsenen unter der ansässigen Bevölkerung sind sämtlich immun und haben keine Parasiten mehr im Blut. Dagegen finden sich diese bei den Kindern bis zum Alter von 5—10 Jahren, wo auch sie Immunität erworben zu haben pflegen. Alle, bei denen Parasiten gefunden werden, sind einer konsequenten Chininbehandlung bis zur Tilgung der Parasiten zu unterwerfen. Sie sollen in den fieberfreien Intervallen täglich 1 g Chinin bekommen, bis keine Parasiten mehr gefunden werden; dann erhalten sie 7 Tage kein Chinin, dann 2 Tage je 1 g Chinin und so fort mindestens 2 Monate.

Zweitens: Das Eingreifen von Anopheles läßt sich dadurch ausschalten, daß man die Stechmücken mit parasitentragenden Menschen

nicht in Berührung kommen läßt. Dies ist bei bettlägerigen Patienten wohl durch Absperrung der Kranken zu erreichen, nicht aber für die weit größere Zahl der ambulanten Parasitenträger. — Eher kann man unter Umständen mit einer Vertilgung der Stechmücken bezw. ihrer Larven zum Ziele kommen. Zur Larventötung in Wasser und Boden sind z. B. schweflige Säure, Salzsäure, Kaliumpermanganat, Ammoniak empfohlen, in neuerer Zeit besonders Saprol, Petroleum, Formalin und gewisse Anilinfarben (Malachitgrün, Larvicid). Die ausgeschlüpften Stechmücken können in der Luft geschlossener Räume durch schweflige Säure, Ammoniak, Formaldehyd, ferner durch stark riechende Substanzen wie Terpentin, Jodoform, Menthol, Kampfer getötet werden. Sehr kräftige Wirkung kommt auch dem Tabaksrauch und dem Rauch von einem Pulver, bestehend aus Chrysanthemumblüten, Pyrethrum, Eukalyptusblätter, Quassiaholz usw. zu. Im Freien ist die Tötung der Mücken nicht möglich. — In Gegenden mit stärkerem Kontrast der Jahreszeiten flüchten sich zu Beginn der kälteren Jahreszeit die Mücken in die Keller der umliegenden Häuser; von da schwärmen sie im nächsten Frühjahr aus, stechen und können eventuell infizieren. Die ganze Masse dieser in den Kellern überwinternden Tiere muß durch systematische Anwendung von Räucherungen, Abbrennen usw. getötet werden. Dadurch läßt sich die Mückenplage (auch durch Culex) erheblich vermindern.

In den meisten Malariagebieten wird indes eine Moskitovertilgung mit diesen Mitteln nicht vollständig gelingen. Es wird aussichtsvoller sein, den Stechmücken ihre Existenzbedingungen dadurch zu beschränken, daß der Boden trocken gelegt wird. Insbesondere kleine Wassertümpel sind zu beseitigen; Unterholz ist zu entfernen. Drainage und die sonstigen S. 281 aufgeführten Mittel kommen in Frage. In Städten kann auch durch dichte glatte Pflasterung von Straßen und Höfen und gute Entfernung alles auf die Oberfläche gelangenden Wassers Abhilfe geschaffen werden.

Drittens: Die empfänglichen Gesunden können gegen die Mückenstiche geschützt werden; z. B. durch Moskitonetze (Drahtgaze), die an den Öffnungen der Wohnungen ausgespannt sind und die unbekleideten Stellen des Körpers bedecken. Grassi und Celli haben in dieser Weise einen Malariaschutz bei dem Bahnpersonal in Malariaterrains angeblich mit Erfolg durchgeführt. Auch durch die oben angeführten Dämpfe von Pyrethrumpulver u. dgl. kann der Einzelne innerhalb der Wohnung sich gegen Stiche zu schützen suchen. Einreiben der Haut zum Schutz gegen Mückenstiche hat man mit Nelkenöl, Terpentin- und Kampfersalben versucht, jedoch ohne befriedigenden Erfolg.

Schließlich kann man darauf ausgehen, die empfänglichen Gesunden

dadurch zu beseitigen, daß man sie **unempfänglich** gegen die **Parasiten** macht. Dies gelingt z. B. durch fortgesetzte prophylaktische Chininbehandlung, alle 3 Tage 0,5 g. — Eine einfachere Art der Immunisierung bleibt indes noch zu wünschen übrig.

F. Parasitäre Krankheiten mit unbekannten Erregern.

1. Variola, Pocken.

Als Erreger der Pocken sind früher verschiedentlich Bakterien und protozoënartige Gebilde angesprochen, ohne daß diese Behauptungen ausreichend begründet werden konnten. — Dagegen kommt den von Guarnieri entdeckten und später von Hückel, v. Wasiliewski u. a. geringer studierten sog. Vaccinekörperchen zweifellos größere Bedeutung zu. Bringt man nämlich Inhalt von menschlichen Pockenpusteln oder von Kuhpocken bezw. menschlichen Impfpusteln vorsichtig unter die oberen Schichten der Hornhaut bei Kaninchen (und anderen Tieren), so entstehen in den Hornhautzellen kleine, die Kernfärbungen annehmende rundliche Einlagerungen, die Vaccinekörperchen, Cytoryctes vaccinae et variolae genannt (Guarnieri), deren Zahl mit dem Alter des Impfstichs zunimmt. Durch abgeschabte Teilchen der Hornhaut läßt sich derselbe Prozeß immer wieder bei neuen Kaninchen hervorrufen. Nach vielfachen (46) Übertragungen war die Einimpfung von Abschabseln der Hornhaut auf Kälber und auf Kinder erfolgreich, so daß diese gegen spätere Impfungen mit animaler oder humanisierter Lymphe immun waren (v. Wasiliewski). Andere Substanzen oder unwirksam gewordene Lymphe sind nicht imstande, die Vaccinekörperchen hervorzurufen. Einige wollen amöboide Bewegungen, ja Schizogonie usw. an den Körperchen gesehen haben und halten den Cytoryctes daher für ein Protozoon und für den Erreger der Variola und Vaccina (namentlich amerikanische Forscher, Councilman u. a.). Prowazek hat aber neuerdings gegen diese Annahme gewichtige Gründe ins Feld geführt (durch Trypsin, Pepsin und Kochsalzlösung Auflösung der Körperchen und trotzdem Infektiosität der Lymphe). Danach haben wir es nur mit einer eigentümlichen Verschiebung des Plastins und Chromatins der Kernsubstanz zu tun, die aber so spezifisch durch Variola und Vaccine zustande kommt, daß sie sehr wohl zur **Diagnose** der Variola verwertet werden kann. Infolge der weiten Ausdehnung der Schutzimpfung gegen Pocken kommen jetzt häufig abortive Pocken-

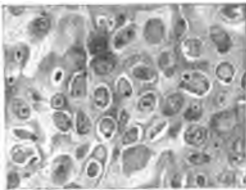


Fig. 192.
Cytoryctes vaccinae. Vaccinekörperchen in Hornhautepithelzellen 300 : 1 (nach v. Wasiliewski).

erkrankungen vor, die von Varizellen nicht zu unterscheiden sind. Überträgt man von dem Inhalt der zweifelhaften Pusteln auf die Hornhaut von Kaninchen, so läßt sich aus dem Auftreten von Cytoryctes-Körperchen anscheinend mit Bestimmtheit die Diagnose Variola stellen.

Das demnach noch nicht sicher bekannte Kontagium der Pocken ist nach allen Erfahrungen namentlich im Pustelinhalt, in den Hautschuppen, im Sputum und Nasensekret der Kranken enthalten. Es ist offenbar im trockenen Zustand lange Zeit, nach einigen Angaben über 3 Jahre, lebensfähig. Wäsche, Kleider und alle sonstigen vom Kranken benutzten Gebrauchsgegenstände repräsentieren daher gefährliche Infektionsquellen, die auch, ohne daß sichtbare Beschmutzung vorliegt, Massen von Infektionserregern enthalten können. Ebenso ist die Luft der Krankenräume als bedenkliche Infektionsquelle anzusehen, da sie das Kontagium sowohl in Form von Tröpfchen, die beim Husten und Sprechen verspravt sind — vermutlich auch schon im ersten Anfang bezw. vor Ausbruch der eigentlichen Krankheitssymptome —, als auch in Form von trockenem Staub enthalten kann.

Als Transportwege fungieren vor allem Berührungen der verschiedensten Art, direkte und indirekte; ferner die Einatmung Kontagiumhaltiger Tröpfchen oder Stäubchen. Auch die Luft im Freien soll in der Nähe von Pockenspitälern die Übertragung der Krankheit mehrfach bewirkt haben; jedoch ist in keinem dieser Fälle jeder andere Infektionsmodus sicher auszuschließen. Gelegentlich kann der Transport der Erreger auch durch Nahrungsmittel (Milch) und durch Insekten erfolgen.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich auf alle Lebensalter. Eine im Mittel zehn Jahre und länger dauernde Immunität wird durch Überstehen der Krankheit bewirkt; in einzelnen Ausnahmefällen scheinen frühere Rezidive vorzukommen.

Eine örtliche Disposition tritt in manchen Ländern und z. B. in den einzelnen Provinzen Preußens bis zu einem gewissen Grade hervor. 1816—1874 entfielen pro 100000 Einwohner:

Provinz	Preußen	13·8	Provinz	Schlesien . . .	9·6
„	Brandenburg . .	9·8	„	Sachsen	7·3
„	Pommern . . .	8·1	„	Westfalen . . .	7·0
„	Posen	21·0	„	Rheinland . . .	5·5

Die niedrigsten Ziffern findet man im Reg.-Bez. Aurich mit 1·0; Schleswig 1·8; Wiesbaden 2·2 pro 10000.

Diese örtliche Disposition ist offenbar fast lediglich abhängig von der Häufigkeit der Einschleppung aus verseuchten Ländern und von variierenden Sitten und Gebräuchen. In den östlichen Landesteilen herrscht steter reger Verkehr mit den stark pockenverseuchten Grenz-

ländern Rußland und Österreich; dort und in den rheinisch-westfälischen Industriezentren haben wir eine stark fluktuierende Bevölkerung mit fortwährendem Zu- und Abzug. In den Bezirken mit niedrigsten Zahlen dagegen eine seßhafte Bevölkerung mit geringer Wohndichtigkeit, unter die das Kontagium selten gerät und wo die Weiterverbreitung auf Schwierigkeiten stößt. Zur Heranziehung irgendwelcher besonderer der Lokalität anhaftender Einflüsse liegt keinerlei Anlaß vor.

Zeitliche Schwankungen finden sich mehrfach; z. B. in tropischen und subtropischen Gegenden und besonders da, wo starke Kontraste zwischen Sommer und Winter hervortreten. Die stärkere Häufung der Pocken erfolgt regelmäßig im Winter und erklärt sich, wie bereits S. 62 näher ausgeführt wurde, durch den vermehrten Aufenthalt der Menschen in geschlossenen Räumen und die Erschwerung der Reinigung von Körper, Kleider und Wohnung.

Die prophylaktischen Maßregeln haben sich nach Maßgabe des Reichsseuchengesetzes auf strenge Absperrung des Kranken, auf Pflege durch geschulte und gegen Pocken immune Wärter, auf energische Desinfektion während und nach der Krankheit und schleunige Schutzimpfung der einer Ansteckung exponierten Personen zu erstrecken (vgl. S. 534). — Da aber der Kranke meist schon ehe die Erkrankung zur Kenntnis der Behörden gelangt, weitere Übertragungen veranlaßt hat, da ferner das Kontagium durch große Resistenz und Transportierbarkeit durch die Luft sich vor anderen Kontagien auszeichnet, und da endlich die Empfänglichkeit der Gesunden offenbar eine sehr große ist, so reichen unsere üblichen Maßnahmen zur Bekämpfung dieser Krankheit oft nicht aus. Es wird das durch die neuere Pockenstatistik derjenigen Länder und Städte bestätigt (Frankreich, Österreich), in welchen die moderne Seuchenbekämpfung bereits seit mehreren Jahren Eingang gefunden hat, ohne daß eine Hemmung der Ausbreitung gelungen wäre (s. S. 714).

Bei den Pocken bietet anderseits eine Schutzimpfung besonders günstige Aussichten, weil hier eine aktive Immunisierung mit einem Impfstoff möglich ist, der mit außerordentlicher Zähigkeit seinen bestimmten Virulenzgrad beibehält, der ferner eine sehr mäßige, durchaus unbedenkliche Impfkrankheit erzeugt und schließlich einen sicheren Impfschutz auf die Dauer von nahezu 12 Jahren und länger gewährt.

Dieser Impfstoff ist von dem englischen Landarzt Edward Jenner in der Lymphe der Kuhpocke entdeckt. Die Kuhpocken (Vaccine) entstanden früher durch zufällige Übertragung menschlicher Variola auf Kühe (besonders beim Melken); seit Einführung der Impfung entstehen sie „spontan" dadurch, daß Menschen mit Vaccinepusteln mit Kühen in Berührung kommen. Sie repräsentieren eine abgeschwächte Varietät des Pockenvirus, die unter dem Einfluß des wenig empfänglichen Körpers der Kuh oder des Kalbes entsteht. Die Kuhpocken

befallen vorzugsweise weibliche Tiere, die unter 2- bis 3tägigem Fieber erkranken und am Euter Pusteln zeigen, deren Sekret beim Menschen ähnliche Pusteln hervorruft. Erst in den letzten Jahrzehnten ist durch Haccius, Freyer u. a. der experimentelle Beweis geliefert, daß Pockeninhalt, auf Kälber verimpft, Vaccine hervorruft. Es bedarf dazu größerer Mengen Impfmaterials, weil nicht alle Variolaerreger imstande sind, im Körper des Kalbes zu wuchern. Bei richtiger Technik gelingen aber die Übertragungen in vielen Fällen und zeigen aufs deutlichste den biologischen Zusammenhang zwischen Variola und Vaccine. — Jenner fand den Volksglauben, daß das Überstehen der Kuhpocken gegen Variola Schutz verleihe, bereits vor, er lieferte aber im Jahre 1796 erst den bestimmten Beweis für diese Schutzkraft dadurch, daß er die mit Kuhpocken geimpften Menschen nachher mit echten Pocken infizierte, ein Experiment, welches ihm durch die damalige Sitte der Variolation ermöglicht wurde. Ferner zeigte Jenner, daß die Übertragung der Kuhpocken von Mensch zu Mensch möglich sei und daß dieser humanisierte Impfstoff die gleiche Schutzkraft äußert, wie der vom Tier stammende animale Impfstoff. Dadurch wurde in damaliger Zeit, wo man die Kuhpocken für eine besondere, nur spontan und selten auftretende Krankheit hielt, und wo man von deren künstlicher Übertragbarkeit von Tier zu Tier noch nichts wußte, überhaupt erst die Ausführbarkeit der Impfung in großem Maßstabe und ein Impfzwang möglich.

Ohne die gesetzliche Einführung eines allgemeinen Impfzwangs erwies sich die Jennersche Schutzimpfung nicht genügend, um die Ausbreitung der Pocken zu hemmen. Viele entziehen sich aus Leichtsinn oder Unglauben der Impfung; durch diese werden dann auch alle die zahlreichen Menschen in Gefahr gebracht, bei welchen durch ungenügend ausgeführte, erfolglose oder nicht rechtzeitig wiederholte Impfung der Impfschutz ausgeblieben war.

In Deutschland ist daher gesetzlich bestimmt, daß jedes Kind vor Ablauf des Kalenderjahres, welches auf das Geburtsjahr folgt, zum ersten Male, und vor Ablauf des Jahres, in welchem die Kinder ihr 12. Lebensjahr vollenden, zum zweiten Male (Revaccination) geimpft wird. Der gesetzlichen Pflicht ist genügt, wenn mindestens eine Impfpustel entwickelt ist; wünschenswert ist die Entwickelung von vier Pusteln, da sich gezeigt hat, daß der Grad der Schutzimpfung von der Zahl der entwickelten Pusteln abhängig ist. (Pockenkranke mit einer schlechten Narbe lieferten noch 12 Prozent Todesfälle, solche mit zwei guten Narben 2·3 Prozent, mit vier guten Narben 0·05 Prozent.)

Der Impfzwang erscheint indes nur dann gerechtfertigt, wenn der Schutz gegen Variola unzweifelhaft feststeht und wenn zweitens keine Gesundheitsschädigung durch die Impfung bewirkt wird.

Die Schutzkraft der Pockenimpfung geht zunächst auf das Bestimmteste hervor aus dem durchweg negativen Ergebnis der von Jenner und seinen Zeitgenossen in mehreren Tausenden von Fällen vorgenommenen Experimente, in welchem die geimpften Individuen nachträglich der Variolation unterworfen, d. h. mit Inhalt von echten Variolapusteln geimpft wurden.

Ferner ergibt sich diese Schutzkraft in schlagender Weise aus den statistischen Zusammenstellungen. Freilich dürfen diese nicht etwa in der Weise ausgeführt werden, daß nur eine Anzahl von Pockenkranken befragt wird, ob sie in der Jugend geimpft seien. Die so erhaltenen Aussagen sind stets unsicher, lauten aber meist, fälschlicherweise, bejahend, da z. B. in Preußen seit 1835 das Unterlassen der Impfung mit Polizeistrafe bedroht war.

In richtigerer Weise hat man in Städten, welche von stärkeren Pocken-

epidemien heimgesucht waren, eine Statistik zu gewinnen versucht, indem man nach Ausweis der amtlichen Impflisten die Zahl der überhaupt Geimpften und die der Nichtgeimpften und ferner die Zahl der unter den Pockenkranken vorhandenen Geimpften und Ungeimpften feststellte. Bei einer solchen Zusammenstellung, z. B. in Chemnitz, hat sich ergeben, daß nur etwa 1·6 Prozent Erkrankungsfälle auf die Geimpften, dagegen 60 Prozent und mehr auf die Nichtgeimpften entfielen.

Starke Differenzen in der Pockenmortalität treten ferner hervor, wenn dasselbe Land vor und nach der Einführung des Impfzwangs verglichen wird. Da aber hierbei der Einfluß der Durchseuchung möglicherweise die Zahlen beeinflussen könnte, ist es noch richtiger, verschiedene Länder und Städte von ungefähr derselben Bevölkerungsziffer und dem nämlichen Kulturzustand zu vergleichen, und zwar einerseits solche, in welchen der Impfzwang besteht, anderseits solche, bei welchen die Impfung höchstens fakultativ eingeführt ist. Dabei zeigt sich ausnahmslos, daß in den Ländern und Städten ohne Impfzwang (Österreich, Prag) die frühere hohe Pockenmortalität sich bis in die neueste Zeit erhalten hat, während sie in den angrenzenden Ländern und Städten mit Impfzwang (Preußen, Dresden) enorm reduziert ist. Aus der nachstehenden Tabelle geht dieses Resultat klar hervor.

Das frühere deutsche Impfgesetz war keinesweg geeignet, einen vollen Impfschutz zu erzielen; namentlich bestand früher kein Revaccinationszwang, und es ist längst bekannt, daß eine einmalige Impfung nicht für Lebenszeit Schutz gegen Pockenerkrankung gewähren kann. Deutlich ersichtlich wird diese Differenz durch einen Vergleich der Pockenerkrankungen in Preußen einerseits beim Zivil, anderseits beim Militär. Bei letzterem bestand bereits seit dem Jahre 1834 Revaccinationszwang. Infolgedessen hörte beim Militär von diesem Jahre ab die Pockensterblichkeit fast ganz auf, während sie bei der Zivilbevölkerung Preußens (und ebenso in den Armeen der anderen Länder) nach wie vor einen beträchtlichen Prozentsatz erreichte.

Pockensterblichkeit auf 100000 Einwohner.

Jahr	Preußen	Österreich	Dresden	Prag	Jahr	Preußen	Österreich	Dresden	Prag
1865	43·8	22·8	2·0	21·0	1880	2·6	64·7	3·6	290·2
1866	62·0	35·9	7·9	25·4	1881	3·6	81·4	2·7	64·6
1867	43·2	46·9	28·5	83·9	1882	3·6	94·8	1·3	57·8
1868	18·8	35·5	38·0	26·9	1883	2·0	59·2	0·9	225·5
1869	19·4	35·2	1·8	19·0	1884	1·4	50·8	0·4	359·9
1870	17·5	30·2	8·9	26·4	1885	1·4	60·1	1·2	57·3
1871	243·2	39·2	326·6	15·0	1886	0·5	38·2	0	55·5
1872	262·4	189·9	84·1	396·5	1887	0·5	41·7	0	84·9
1873	35·6	314·7	13·0	281·6	1888	0·3	61·5	0	250·0
1874	9·5	174·3	4·2	30·0	1889	0·5	53·7	0	118·3
1875	3·6	57·6	2·6	10·9	1890	0·1	24·9	0·4	1·2
1876	3·1	40·2	0·5	78·4	1891	0·1	28·7	0	36·1
1877	0·3	54·5	0·9	395·8	1892	0·3	25·6	0	101·4
1878	0·7	61·6	0	86·8	1893	0·4	14·9	0	39·0
1879	1·3	51·7	1·9	84·4	1894	0·3	. . .	0	0·9

Erst das am 8. April 1874 in Kraft getretene Reichsimpfgesetz führt den Revaccinationszwang ein. Aus den seitherigen Erfahrungen ergibt sich, daß geradezu ein völliges Erlöschen der Pockenepidemien eingetreten ist, und daß selbst sporadische Fälle von Pocken im Innern Deutschlands fast gar nicht und nur in den Grenzbezirken zeitweise in etwas größerer Zahl vorkommen.

Anderseits sind keine schwereren und unvermeidlichen Gesundheitsstörungen mit der Schutzimpfung verbunden. Normalerweise bewirkt die Impfung nur eine lokale Reaktion und sehr geringe Störung des Allgemeinbefindens. Am 4. Tage entwickelt sich an der Impfstelle eine Papel, am 5. Tage ein Bläschen, am 7. Tage ist die erhabene, perlgraue, mit einem 2 mm breiten roten Saum umgebene Impfpocke ausgebildet. Vom 8. Tage an wird der Inhalt eitrig, die Pustel bricht auf, trocknet ein; die Pocke fällt nach 3—4 Wochen ab und hinterläßt eine strahlige Narbe. Selten tritt vorübergehend höheres Fieber, Hautjucken, eine Empfindlichkeit der Achseldrüsen, ein ausgedehnterer bläschenförmiger Ausschlag u. dgl. auf.

Früher sind allerdings auch schwerere Schädigungen durch die Impfung beobachtet; erstens Wundinfektionskrankheiten, und zwar am häufigsten Erysipel, das entweder (als sog. Früherysipel) am 1.—2. Tage nach der Impfung, gewöhnlich gleichzeitig bei mehreren Kindern, auftrat und auf virulente Streptokokken zurückzuführen war, die durch die Hand des Arztes, die Impflanzette, andere Utensilien bzw. durch die verwendete Lymphe in die Impfwunde gelangt waren; — oder es trat ein sog. Späterysipel ein am 5.—12. Tage, nachdem die Pusteln bereits aufgebrochen oder aufgekratzt waren. In diesem Falle sind aus der Umgebung des Kindes durch Berührungen, Wäschestücke usw. Erysipelkokken in die Wunde gelangt. Jede beliebige andere Wunde würde unter diesen Umständen denselben Verlauf genommen haben und es ist daher das Späterysipel nicht der Impfung direkt zur Last zu legen.

Zweitens können Kontagien durch die Lymphe, die von einem Impfling abgenommen ist, auf andere Impflinge übertragen werden. Infektion mit Syphilis hat in etwa 700 gutbeglaubigten Fällen stattgefunden. Die Möglichkeit einer ähnlichen, wenn auch sehr seltenen Übertragung muß z. B. auch für Tuberkulose zugegeben werden.

Drittens hat man wohl behauptet, daß allgemeine Ernährungsstörungen, namentlich Skrofulose, infolge der Impfung auftreten. Ein Beweis für diese Behauptung ist bisher nicht erbracht. Die Impfung geschieht gewöhnlich in einem Alter, in welchem die ersten skrofulösen Symptome zum Vorschein zu kommen pflegen und es ist daher unausbleiblich, daß diese Koinzidenz von nicht logisch geschulten Beobachtern als Beweis für einen ätiologischen Zusammenhang angesehen wird. Von zahlreichen, unbefangenen Ärzten werden derartige Ernährungsstörungen als Folgen der Impfung entschieden bestritten. Empfehlenswert ist es jedenfalls, Kinder, bei welchen Verdacht auf beginnende Skrofulose besteht, für ein Jahr von der Impfung zurückzustellen und erst zu impfen, nachdem die skrofulösen Symptome auch für die Angehörigen bereits manifest geworden sind. Kinder mit Ekzemen sollten schon deshalb nicht geimpft werden, weil bei ihnen leicht Pustelinhalt auf wunde Hautstellen geraten und hier ausgedehnte Pustelbildung hervorrufen kann.

Die Übertragung von Wundinfektionserregern und eventuell von Kontagien repräsentieren immerhin sehr beachtenswerte Gefahren für die Impflinge, welche an sich genügen würden, den Impfzwang als ungerechtfertigt erscheinen zu

lassen. Die Vorschriften des neuen Reichsimpfgesetzes gewähren indes vollkommene Sicherheit gegen diese Gefahren.

Um die Wundinfektion zu vermeiden, ist in dem Gesetz angeordnet, daß die Impfung nur von Ärzten und durchaus unter aseptischen Kautelen vorgenommen wird. Der Arzt hat seine Hände vor der Impfung zu desinfizieren (Sublimatlösung, Karbolwasser, Alkohol); die Instrumente sind durch Ausglühen (Messer mit Platin-Iridiumspitzen) oder Auskochen keimfrei zu machen. — Eine Desinfektion des Armes des Impflings ist gewöhnlich nicht durchführbar; die Vorschrift, daß die Kinder rein gewaschen und mit reiner Wäsche zum Impftermin kommen müssen, ist dagegen streng zu beachten. — Die Lymphe ist mit keimfreien Instrumenten direkt aus dem Vorratsglas zu entnehmen oder ist von diesem erst auf ein keimfreies (ausgekochtes) Glasschälchen auszugießen, dann aber sorgfältig vor Verunreinigung zu schützen.

Um die Lymphe von Kontagien frei zu halten, ist jetzt durchweg der humanisierten Lymphe animale Lymphe substituiert, welche in Staatsinstituten unter besonderen Vorsichtsmaßregeln gewonnen wird. Aus den Vorschriften für die „staatlichen Anstalten zur Gewinnung von Tierlymphe“ sei hervorgehoben, daß junge Rinder oder Kälber von mindesten 3, womöglich 5 Wochen benutzt werden sollen; dieselben sind vor der Impfung vom Tierarzt zu untersuchen. An den gesund befundenen Tieren wird die Impffläche (Unterbauch, innere Schenkelflächen) rasiert, mit Seife und warmem Wasser gereinigt, mit 1 Promille Sublimatlösung oder Karbolwasser desinfiziert und das Desinfiziens mit sterilem Wasser wieder entfernt. Die Impffläche wird dann mit zahlreichen Schnitten versehen und in diese humanisierte oder animale Lymphe eingebracht. Bei Benutzung der humanisierten Lymphe als Impfstoff erhält man die sog. Retrovaccine; dieselbe wird dem durch Weiterimpfen der animalen Lymphe gewonnenen Impfstoff vielfach vorgezogen, weil dieser sich leicht abschwächen soll. Doch scheint die Abschwächung durch Benutzung älterer Kälber und Auswahl der besten, schon am 4. Tage entwickelten Impfpusteln vermeidbar. — „Originäre“ Lymphe, von zufällig auftretenden natürlichen Kuhpocken herrührend, bietet selbstverständlich keine besonderen Vorteile. Dagegen ist Impfung der Kälber mit Menschenblattern zulässig, aber nicht empfehlenswert, weil die Gefahr einer Ausstreuung des Pockenkontagiums meist nicht genügend ausgeschlossen werden kann.

Die Kälber werden nach der Impfung vom Tierarzt beobachtet, in besonderem Stall gehalten, und sofort ausrangiert, wenn ihre Temperatur 41·5° übersteigt; außerdem werden sie nach der Lymphabnahme obduziert, und der Tierarzt hat die inneren Organe sorgfältig zu untersuchen.

Die Kälberlymphe wird am 4.—5. Tage abgenommen; da die Pusteln sehr saftarm sind, wird nicht nur der Inhalt derselben entleert, sondern es werden mittels scharfen Löffels oder Lanzette die Pusteln (möglichst blutfrei) abgekratzt. Die gewonnene Masse wird mit Glyzerin (oder einem Gemisch aus Glyzerin und destilliertem Wasser) im Mörser innig verrieben, so daß eine emulsionsartige, graugelbliche, trübe Flüssigkeit entsteht; oder nach der Verreibung läßt man durch Sedimentieren oder Zentrifugieren die festen Teile abscheiden und benutzt nur die obere, klare Flüssigkeit (seltener). Zum Abfüllen und Versenden werden nur sterilisierte Glasgefäße benutzt.

Die frische animale Lymphe enthält stets zahlreiche Bakterien, meist Saprophyten, häufig aber auch pyogene Staphylokokken, seltener Streptokokken. Diese Bakterien sind ohne Einfluß auf die Entwickelung der Pustel und die

Entzündungserscheinungen. Gewinnt man die Lymphe durch Desinfektion der Impffläche vor Abnahme der Lymphe u. dgl. Maßregeln möglichst keimfrei, so bewirkt das keinen Unterschied; selbst Impfung mit völlig keimfreiem Blut geimpfter Kälber macht unter Umständen die gleichen Reizerscheinungen. Die Bakterien der Lymphe dringen offenbar gar nicht in die tieferen Hautschichten ein, sondern bleiben in der Epidermis; und der Pustelinhalt erweist sich bis zum 7. Tag als steril. Von dem gewöhnlichen Keimgehalt der Lymphe droht daher keine Gefahr; immerhin wird man wünschen müssen, ihn nach Möglichkeit zu verringern, und dazu ist die längere Einwirkung des Glyzerins geeignet. Den besten Effekt hat ein Gehalt der Lymphe von 60 Prozent Glyzerin.

Wird ausnahmsweise humanisierte Lymphe benutzt, so muß der Abimpfling auf das Genaueste untersucht werden; in die Pusteln sind am 6. bis 7. Tage mit spitzer Lanzette mehrere flache Einstiche zu machen; die nach kurzer Zeit in durchsichtigen Tropfen hervortretende Lymphe ist in feinen Kapillaren aufzusaugen, dann mit 2 Teilen Glyzerin zu mischen und wieder in Kapillaren abzufüllen, die zugeschmolzen oder versiegelt werden.

Die Impfung der Kinder erfolgt am Oberarm, bei Erstimpflingen gewöhnlich auf dem rechten, bei Wiederimpflingen auf dem linken Arm. Es genügen 4 seichte Schnitte von $^1/_2$—1 cm Länge. Die einzelnen Schnitte sollen mindestens 2 cm Abstand voneinander haben. Stärkere Blutungen sind zu vermeiden.

Als Impfmesser benutzt man am besten glatte, leicht zu reinigende Instrumente; z. B. das Impfmesser von Risel. Die Messer sollen nicht zu scharf sein, damit nicht Schnitte mit scharfen Wundrändern, sondern mehr skarifizierte Stellen, die zur Resorption besser geeignet sind, entstehen. — Niemals darf in Impfterminen das Messer, mit welchem die Schnitte gemacht sind, ohne weiteres mit der gemeinsam verwendeten Lymphe in Berührung kommen, da sonst Kontagien von einem Kind auf das andere übertragen werden könnten. Das Messer ist vielmehr vor dem Eintauchen in die Lymphe sorgfältig zu desinfizieren (s. oben). In größeren Terminen benutzt man zweckmäßig zwei Messer, das eine zum Schneiden, das andere zum Auftragen der Lymphe; während das eine benutzt wird, wird das andere desinfiziert.

Ein Schutzverband ist nicht allgemein eingeführt, aber wünschenswert. Derselbe kann in einem Verband mit Gazewatte oder in einem Paulschen Tegminverband bestehen (mittels Tube wird auf jeden Schnitt ein Tropfen einer Paste aus Zinc. oxyd., Wachs, Glyzerin usw. aufgebracht und mit Wattescheibchen bedeckt). Namentlich bei Revaccinierten schützt ein solcher Verband die Pusteln einigermaßen vor dem Aufkratzen und vor infizierenden Berührungen; dann aber wird auch Schutz gewährt gegen eine Verbreitung des Vaccinekontagiums auf ungeimpfte Kinder mit Ekzemen u. dgl., die dadurch schwer erkranken können.

Nach 6—8 Tagen, gewöhnlich am gleichnamigen Tage der folgenden Woche, findet der Nachschautermin statt. Die Erstimpfung hat als erfolgreich zu gelten, wenn mindestens eine Pustel zur regelmäßigen Entwickelung gekommen ist. Bei der Wiederimpfung genügt schon die Bildung von Knötchen oder Bläschen an den Impfstellen.

Trotz aseptischer Ausführung der Impfung und einwandfreier Lymphe kommt es zuweilen zu stärkeren örtlichen Reizerscheinungen; die Röte der Haut und eine gewisse Schwellung erstreckt sich über das ganze Impffeld und noch um mehrere Zentimeter über dasselbe hinaus. Aus den obigen Aus-

führungen geht hervor, daß für diese Erscheinungen nicht die gewöhnlich in der Lymphe vorhandenen Bakterien verantwortlich gemacht werden dürfen. Die Entzündung wird vielmehr durch das Vaccinekontagium selbst bedingt, und tritt um so stärker hervor, je frischer und konzentrierter die Lymphe ist, namentlich aber je nachdem das geimpfte Kind individuell mehr oder weniger disponiert ist. Daß der letztere Umstand in erster Linie beteiligt ist, geht z. B. aus Versuchen hervor, bei welchen die Lymphe von Pusteln mit starker entzündlicher Reaktion und andererseits von normalen Pusteln auf je einen Arm desselben Individuums verimpft wurde; die auf beiden Armen entwickelten Pusteln zeigten keinen Unterschied, während andere Individuen auch auf die Lymphe aus reizlosen Pusteln stärker reagierten. — Immerhin muß man versuchen, die Reizwirkung der Lymphe möglichst zu mildern. Dies kann in erster Linie dadurch geschehen, daß man die Lymphe vor der Benutzung mindestens 4 Wochen lagern läßt (bei einem Alter über 3 Monate kann indes der Impferfolg nachlassen). Ferner dadurch, daß man nur kleine Mengen Lymphe verwendet und daß man die Schnitte mit möglichst großem Abstand voneinander anlegt. — Durch kühlende Umschläge und Borsalbe pflegen übrigens die Reizerscheinungen bald zurückzugehen.

Wirkliches, fortschreitendes Erysipel wird jetzt eigentlich nur noch beobachtet, wenn die aufgekratzten Pusteln durch die Impflinge selbst oder deren Angehörige infiziert werden. Im Hinblick hierauf ist — abgesehen von dem Schutzverband — die Vorschrift zu betonen, daß Kinder aus einer Umgebung, in der roseartige Erkrankungen vorgekommen sind, nicht zur Impfung gebracht werden dürfen.

War die Impfung ohne Erfolg, so ist dieselbe im nächsten Jahre zu wiederholen. War sie auch zum drittenmal ohne Erfolg, so ist der gesetzlichen Pflicht genügt, der Impfling wird dann als natürlich immun angesehen.

Genaueres über die Technik der Impfung und das Impfgeschäft siehe im Reichsimpfgesetz bezw. den vom Bundesrat dazu erlassenen Ausführungsbestimmungen.

Das Impfgesetz in seiner jetzigen Gestalt läßt keinerlei begründete Einwände mehr zu und die Opposition gegen den Impfzwang, welche noch immer teils von solchen, die in ihrer Familie einen jener bedauerlichen Infektionsfälle erlebt haben, wie sie das frühere Impfreglement zuließ, teils und wesentlich von den prinzipiellen Besserwissern und Oppositionsmännern genährt wird, sucht vergeblich nach neuen Angriffspunkten. Es ist indes nicht zu vergessen, daß in früherer Zeit wirklicher Grund für eine Opposition vorlag und daß die Verbesserungen, welche in das deutsche Reichsimpfgesetz aufgenommen sind und welche dieses vor allen anderen Impfgesetzen auszeichnet, zu einem Teile der impfgegnerischen Agitation zu danken sind.

2. Scharlach.

Scharlach ist in Europa seit Jahrhunderten allgemein verbreitet; in anderen Kontinenten, namentlich in Asien und Afrika scheinen große Gebiete frei geblieben zu sein. In Europa tritt Scharlach teils in sporadischen Fällen, teils in Epidemien auf. Letztere können dann zustande kommen, wenn seit der letzten allgemeineren Invasion wieder eine ausreichende Zahl von empfänglichen Individien sich an-

gesammelt hat. Nicht selten bleiben selbst in größeren Städten Zwischenräume von 20 und mehr Jahren zwischen zwei Epidemien. Die Mortalität differiert in den verschiedenen Epidemien erheblich; sie kann 3 Prozent und 30 Prozent betragen. — Über die Infektionsquellen und Transportwege ist noch wenig Sicheres bekannt. Absichtliche Übertragung von Blut und Hautschuppen Scharlachkranker hat oft im Stich gelassen; anderseits hat man deutliche Ansteckung durch Wäsche, Möbel usw. beobachtet. Manches spricht dafür, daß Scharlach nicht sowohl im späteren Krankheits- oder im Rekonvaleszentenstadium ansteckt, sondern vorzugsweise im ersten Beginn der Angina durch Berührungen und durch Einatmung verstreuter Tröpfchen. In späteren Stadien scheint das Kontagium sich durch die Luft nicht zu verbreiten; ist die Verbreitung durch Berührungen des Kranken oder der infizierten Wäsche, Kleider, Gebrauchsgegenstände usw. gehindert, so besteht kaum mehr Infektionsgefahr. In England ist wiederholt Transport des Kontagiums durch Milch beobachtet. — Die individuelle Disposition für Scharlach ist am größten im Alter von 1—8 Jahren, Erkrankungen bei älteren Kindern und bei Erwachsenen sind indes durchaus nicht selten. Unter den Kindern sind bei weitem nicht alle disponiert; wir sehen oft, daß in kinderreichen Familien nur ein Kind erkrankt. Im allgemeinen befällt Scharlach dasselbe Individuum nur einmal; doch werden Ausnahmen, sogar 3- und 4fache Rezidive, beobachtet. Die Inkubationszeit beträgt gewöhnlich 3—5 Tage. — Eine örtliche Disposition ist nicht nachzuweisen; eine zeitliche Disposition nur in dem Sinne, wie sie für Pocken und die meisten ansteckenden Krankheiten beobachtet wird, nämlich eine geringe Steigerung im Herbst und Winter (s. S. 62). — Die Prophylaxis nach dem preußischen Seuchengesetz schließt sich genau an die Bestimmungen über Diphtherie an (s. S. 658). Erfolge mit Schutzimpfung und Serumtherapie sind kaum erzielt; auch Versuche, die gefährlichen Begleiter des Scharlachprozesses, die Streptokokken, durch das Mosersche Serum (s. S. 617) zu bekämpfen, sind einstweilen als noch nicht abgeschlossen anzusehen; die Quantität des zu injizierenden Serums ist sehr groß (150—200 ccm), und Mißerfolge sind trotzdem häufig.

3. Masern.

Kontagium unbekannt. Inkubation 10—14 Tage. Frühdiagnose durch die sog. Koplikschen Flecke, kleine weiße Stellen an der Wangenschleimhaut einwärts von den Mundwinkeln; jedoch meist erst 1—2 Tage nach Ausbruch der katarrhalischen Erscheinungen und nicht konstant. Die Masern treten ebenfalls periodisch in Epidemien

auf, wenn eine hinreichende Zahl empfänglicher Individuen zurzeit der Einschleppung vorhanden ist. — Auch hier zeigt sich eine sehr verschiedene, meist geringe, Mortalität in den einzelnen Epidemien. — Infektionsquellen: Hautschuppen, Nasenschleim, Sputum, Tränen, Betten, Wäsche, Kleider. Auch im trockenen Zustand ist das Kontagium lange haltbar; zahlreiche Beobachtungen sprechen dafür, daß es in Form von flugfähigem Staub in den Wohnungen und Häusern verbreitet werden und daß daher Ansteckung auch bei solchen erfolgen kann, die nicht in die Nähe des Kranken oder in Berührung mit seinen Effekten gekommen sind. Im ersten Stadium der Erkrankung kann besonders leicht Ansteckung erfolgen, vermutlich durch Einatmung der beim Niesen und Husten verschleuderten Tröpfchen. — Die individuelle Disposition ist sehr ausgedehnt; nach langem Intervall seit der letzten Epidemie wird bei erneuter Einschleppung ein sehr hoher Prozentsatz der Menschen ergriffen. Wo öftere Epidemien auftreten, werden vorzugsweise nur Kinder befallen, die Erwachsenen sind größtenteils durch das frühere Überstehen der Krankheit immunisiert. — Lokale Einflüsse fehlen; zeitlich ist eine Zunahme der Frequenz im Herbst und Winter zu verzeichnen (s. S. 62). — Die Prophylaxis kann wenig leisten. Isolierung des Kranken führt selten zu einem Verschluß aller Transportwege; auch Desinfektion kann, insbesondere während der Krankheit, nicht viel helfen. Da die Krankheit bei sorgfältiger Behandlung und bei Schonung in der Rekonvaleszenz im ganzen günstig zu verlaufen pflegt, sieht man gewöhnlich von prophylaktischen Maßregeln (mit Ausnahme des Verbots des Schulbesuchs) ganz ab; auch das neue preußische Seuchengesetz führt Masern nicht mehr unter den meldepflichtigen Krankheiten auf.

4. Flecktyphus.

Kontagium unbekannt; über die an Protozoen erinnernden Blutbefunde einiger Autoren sind die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Ist seit etwa 20 Jahren in Deutschland nur noch in vereinzelten Fällen aufgetreten; in früherer Zeit wurde namentlich Schlesien von ausgedehnten Epidemien befallen (in der Stadt Breslau im Jahre 1856 6000 Erkrankte, 1000 Gestorbene). Jetzt ist die Krankheit auf Rußland, Galizien, den Orient und Irland beschränkt. Lokale und zeitliche Beeinflussung besteht nicht. — Die Einschleppung erfolgt gewöhnlich durch Vagabunden und umherziehende Arbeiter in Herbergen und Asyle niedrigster Art; diese bilden, wie beim Rückfallfieber, die Zentren für die Weiterverbreitung. Auch später bleiben die besser situierten Klassen meist verschont; schlechter

Ernährungszustand und Unreinlichkeit scheint zu disponieren. Über den Modus der Infektion ist wenig Sicheres bekannt. Auf weitere Entfernungen durch Gegenstände und Waren scheint die Übertragung selten zu erfolgen; die in der Nähe des Kranken beschäftigten Menschen sind dagegen sehr exponiert. 1857 starben in Breslau 7 Ärzte und 11 Wärterinnen an Flecktyphus, 78 Wärterinnen erkrankten; 1868 erkrankten daselbst 68 Ärzte und Wärter, 6 Prozent aller Erkrankten. Vieles spricht dafür, daß Ungeziefer, namentlich Wanzen, bei der Übertragung beteiligt ist. — Die Inkubation dauert in der Regel 5—8, ausnahmsweise bis 14 Tage. Rezidive sind sehr selten. — Die Prophylaxe muß strengste Isolierung, gründlichste Desinfektion und Vernichtung des Ungeziefers ins Auge fassen. Der Flecktyphus ist als gemeingefährliche, exotische Krankheit in das Reichsseuchengesetz mit aufgenommen und unterliegt daher denselben Bestimmungen wie Pest und Cholera, s. S. 534.

5. Körnerkrankheit, Trachom, Granulose.

Ansteckende Erkrankung der Konjunktiva von chronischem Verlauf. Schon im Altertum bekannt. 1798 aus Ägypten durch französische Truppen weit verschleppt. Jetzt in Deutschland zahlreiche endemische Herde, namentlich in Ost- und Westpreußen, in Posen, auf dem Eichsfelde, im Großwartenberger Kreise usw.

Erreger unbekannt; jedoch haben kürzlich Halberstädter & Provazek in den Epithelzellen, die von der Konjunktiva künstlich infizierter Affen abgestreift waren, mit Giemsafärbung eigentümliche Einschlüsse nachgewiesen, innerhalb deren rotfärbbare, vermehrungsfähige Körnchen, die mutmaßlichen Parasiten, auftreten. — Erfahrungsmäßig ist festgestellt, daß die Erreger sehr wenig widerstandsfähig sind gegen Austrocknen; sie werden daher nie durch Utensilien auf weitere Entfernung verbreitet, sondern nur durch feuchtes Konjunktivalsekret und damit einigermaßen frisch beschmutzte Finger, Handtücher, Schürzen, Waschgerät, Bettwäsche usw. Auch Fliegen können frisches Sekret auf gesunde Konjunktiven übertragen; bei der indolenten Bevölkerung Ägyptens besorgen die Massen von Fliegen sogar sehr zahlreiche Transporte. — Eine erhebliche Rolle spielt anscheinend die individuelle Disposition; skrofulöse, lymphatische, anämische Individuen werden besonders leicht ergriffen. Die vielfach betonte besondere Disposition der Armen beruht teils auf der größeren Zahl lymphatischer Individuen, teils und besonders auf der durch enges Beisammensein, Mangel an Wäsche usw. sehr begünstigten Übertragung des Kontagiums. Wind, Staub, Rauch und sonstige Reizungen der Konjunktiva scheinen die individuelle Disposition zu verstärken. — In endemischen Gebieten sind Kinder, namentlich Schulkinder, am häufigsten ergriffen. — Auch eine örtliche Disposition von sumpfigen Niederungen, Flußdeltas usw. soll beobachtet sein, dürfte sich aber wohl auf Wohnsitten und andere Gebräuche der Bevölkerung, auf größere Mengen von Fliegen usw. zurückführen lassen.

Die Prophylaxe kann vor allem in der Ermittelung der Trachomkranken, sowie darin bestehen, daß diese einer zweckentsprechenden spezialistischen Behandlung zugeführt bezw. von größeren disponierten Menschenmassen ferngehalten werden. In Preußen sind — dank der Initiative Kirchners — zur

Ermöglichung dieser Maßregel in dem Hauptseuchengebiet Trachomkurse für Kreisärzte und Ärzte eingeführt. Die so ausgebildeten Ärzte halten unentgeltlich öffentliche Sprechstunden, sie untersuchen in regelmäßigen Zwischenräumen die Schulkinder der öffentlichen Schulen, und überweisen Kranke, bei denen eine operative Behandlung notwendig ist, den Krankenhäusern zur unentgeltlichen Behandlung. Das Preußische Seuchengesetz schreibt für Trachomkranke die Meldepflicht vor; die Ortspolizeibehörde hat lediglich die ersten Fälle ärztlich feststellen zu lassen und dies nur dann, wenn sie nicht von einem Arzt angezeigt sind. Kranke und krankheitsverdächtige Personen können einer Beobachtung, und Kranke, wenn sie nicht glaubhaft nachweisen, daß sie sich in ärztlicher Behandlung befinden, können zu einer solchen zwangsweise angehalten werden. In der Ministerialanweisung vom 7. Juli 1907 ist außerdem bestimmt, daß an Körnerkrankheit leidende Lehrer und Schüler, solange sie deutliche Eiterabsonderung haben, die Schulräume nicht betreten dürfen. Schüler, welche an Körnerkrankheit leiden, aber keine deutliche Eiterabsonderung haben, müssen besondere von den gesunden Schülern genügend weit entfernte Plätze angewiesen erhalten und haben Berührungen mit den gesunden Schülern tunlichst zu vermeiden.

Auch eine Belehrung der Bevölkerung endemischer Trachomgebiete, Sorge für gesonderte Wäsche usw. ist zur Unterstützung der Bekämpfung heranzuziehen.

6. Gelbfieber.

Früher haben sich einige Male in südeuropäischen Häfen an Einschleppungen von Gelbfieber gehäufte Erkrankungen angeschlossen; in den letzten Jahrzehnten blieb die Krankheit auf die tropischen und subtropischen Gebiete anderer Erdteile beschränkt, vorzugsweise ist sie in Brasilien verbreitet. — Der Erreger des Gelbfiebers ist unbekannt. Es ist aber festgestellt, daß Gegenstände, Wasser usw. aus infizierten Gegenden die Krankheit nicht hervorrufen, sondern nur eine zu den Culiciden gehörige, auf tropische Gebiete beschränkte Mückenart, Stegomyia fasciata. Vermutlich findet in dieser eine Entwickelung des Parasiten, wie beim Malariaparasiten in Anopheles, statt. — Zur Bekämpfung werden Anzeigepflicht, Isolierung der Kranken und daneben tunlichste Vernichtung der Stegomyia mit Erfolg herangezogen.

Für Gelbfieber gelten die Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes.

7. Hundswut, Lyssa.

Die Krankheit ist überall verbreitet, außer in England, wo man die Seuche einmal durch energische Maßregeln ausgerottet hat und durch Hundeeinfuhrverbot sich gegen neue Einschleppung schützt. In Deutschland sind 1886—1901 11000 Tiere wegen Tollwut getötet; davon entfallen auf die östlichen Provinzen 75 Prozent. Vorzugsweise verbreitet sich die Krankheit von Hund zu Hund; aber auch Katzen, Wölfe werden infiziert und pflanzen die Krankheit durch Bisse fort; außerdem werden Rinder, Schafe, Pferde, Schweine, Ziegen usw. durch Bisse toller Hunde oder Katzen von Lyssa befallen.

Hunde (und andere Tiere) werden entweder von rasender oder von stiller Wut befallen. Der Erkrankung geht eine Inkubationszeit von 3—6, seltener 10 Wochen, zuweilen bis zu 7 Monaten voraus. Noch

während der Inkubationsperiode, bis zum 5. Tag vor Ausbruch der Krankheitssymptome, kann der Speichel der Tiere infektiös sein. Nach 1—3 tägigem Prodromalstadium, gekennzeichnet durch abnorme Reizbarkeit und Verdrossenheit, Geschmacksrichtung auf unverdauliche Gegenstände, tritt das 3—5 Tage dauernde maniakalische Stadium ein. Heulende Stimme, Angst, Bewegungsdrang, untermischt mit Wut- und Beißanfällen, sind die hervorstechendsten Symptome; eigentliche Wasserscheu tritt nicht hervor, auch das Geradeauslaufen mit eingezogenem Schwanz ist nicht charakteristisch. Nach diesem Stadium — das übrigens auch ganz fehlen kann, kommt es zum paralytischen Stadium (stille Wut), mit verschiedenartigen Lähmungen und Exitus nach wenigen Tagen.

Beim Menschen dauert die Inkubation 20—40—60 Tage, kann sich aber bis zu 1 Jahr ausdehnen. Bei schweren Verletzungen, ferner bei Kopf- und Gesichtsverletzungen pflegt die Inkubation relativ kurz zu sein. Prodrome von Kopfschmerz, Unruhe, Schlingbeschwerden, Sensationen von der Bißwunde aus. Dann heftige Schlundkrämpfe, namentlich beim Versuch Wasser zu trinken; Angstanfälle, bis zu Delirien und Tobsucht gesteigert; schließlich Lähmungen; Tod nach 3—6 Tagen. Bißverletzungen von Menschen durch tollwütige Menschen kommen, wenn auch sehr selten, vor; 1902 wurden im Berliner Wutschutzinstitut allein drei Ärzte behandelt, die in dieser Weise infiziert waren.



Fig. 193. Negrische Körperchen. 700 : 1. + die (im Präparat rot gefärbten) Negrischen Körperchen in den (blau gefärbten) Ganglienzellen.

Die unbekannten Erreger dieser in exquisiter Weise übertragbaren Krankheit sind, wie durch Tierversuche erwiesen ist, im ganzen Zentralnervensystem, besonders im verlängerten Mark, enthalten; außerdem in den Speicheldrüsen und deren Sekret, auch in Lymphe, Milch usw. Die Erreger sind ziemlich widerstandsfähig; 1 Promille Sublimat vernichtet sie erst nach 2—3 Stunden; 60° Hitze in wenigen Minuten; Fäulnis schädigt sie nur äußerst langsam. — Die Virulenz scheint sehr ungleich zu sein; bei gleichen Dosen variiert bei geimpften Kaninchen der Eintritt des Todes zwischen 1 und 13 Wochen. „Straßenvirus", von einem nach zufälliger Infektion eingegangenen Hunde stammend, tötet Kaninchen in der Regel in 2—3 Wochen.

Einen interessanten Befund hat Negri 1903 erhoben. Er fand im Gehirn an Lyssa gestorbener Menschen und Tiere, besonders in den großen

Ganglienzellen des Ammonshorns und deren Fortsätzen, rundliche, elliptische oder birnförmige Gebilde von 1—27 μ Durchmesser, oft von wabenartiger Struktur, von Vakuolen durchsetzt, die eine gewisse regelmäßige Anordnung zeigen sollen. Selten findet man dieselben Körperchen auch extrazellulär. Ihr Nachweis gelingt in Ausstrichpräparaten schwierig; leicht dagegen in Schnitten rasch eingebetteter Organstücke (Aceton-Paraffin), Färbung mit Methylblau-Eosin (s. im Anhang). Die Negrischen Körperchen erscheinen dann rot auf blauem Grunde; im Innern der Vakuolen ist zuweilen ein blaues stabförmiges Gebilde zu erkennen.

Negri war geneigt, diese konstant und ausschließlich bei Lyssa nachweisbaren Körperchen als die Erreger anzusprechen. Dagegen spricht aber, daß sie sich keineswegs überall in virulentem Material finden; z. B. beobachtet man sie fast nie im Rückenmark, obwohl gerade Rückenmark zur Verimpfung hauptsächlich benutzt wird. Ferner läßt sich virulentes Material, ohne daß Virulenzverlust eintritt, durch engporige Filter treiben, die sicher nicht von den Negrischen Körperchen passiert werden können. Entweder stellen daher die Negrischen Körperchen nur ein bestimmtes Entwickelungsstadium der Erreger dar; oder es handelt sich um spezifische Zellveränderungen ähnlich wie bei Cytoryctes variolae. Zweifellos hat aber ein sehr großes Material uns die Gewißheit gegegeben, daß sich auf den positiven Nachweis der Negrischen Körperchen die Diagnose Lyssa gründen läßt; und darin liegt ein großer Vorteil namentlich für die Entscheidung darüber, ob eingesandte Köpfe von tollwütigen Hunden herrühren. Nur wenn keine Negrischen Körperchen gefunden werden, ist das Ergebnis als unentschieden anzusehen und durch die Verimpfung des Materials auf Kaninchen Entscheidung herbeizuführen. Diese Verimpfung ist, da es sich meist um schon fauliges Material handelt, zweckmäßig nicht subdural auszuführen (weil sonst Hirnabszesse entstehen), sondern intramuskulär; dabei kann die Verreibung mit 1prozentigem Karbol hergestellt werden. Die Kaninchen gehen gewöhnlich nach 3 Wochen, zuweilen aber erst nach 3 Monaten ein.

Prophylaxe. Da es sich bei Lyssa eigentlich um eine den Hunden eigentümliche Epizootie handelt, müssen in erster Linie veterinärpolizeiliche Maßnahmen eingreifen. Dies geschieht durch die Anzeigepflicht für lyssaverdächtige Tiere; Tötung dieser und der von ihnen gebissenen Hunde, Katzen usw.; Hundesperre für 3 Monate für einen Umkreis von mindestens 4 Kilometern. Prophylaktisch kommt Hundesteuer, Maulkorbzwang in Betracht. Je besser diese Maßregeln gehandhabt werden, um so weniger tolle Hunde kommen vor (z. B. in Deutschland 1 toller Hund auf 100000 Einwohner, in Ungarn 1 : 15000).

Bezüglich der Tollwut beim Menschen sieht das Preußische Seuchengesetz die Anzeigepflicht nicht nur für die ausgebrochene Krankheit, sondern auch für die Bißverletzungen durch tolle und der Tollwut verdächtige Tiere vor. Solche gebissene Personen können als krankheitsverdächtig einer Beobachtung (§ 12 des Reichsgesetzes), an Tollwut Erkrankte einer Absonderung unterworfen werden.

Ausbrennen der Bißwunden mit rauchender Salpetersäure kann höchstens kurz nach dem Biß die Infektion verhüten.

Das mächtigste Schutzmittel gegen den Ausbruch der immer tödlichen Krankheit ist die Vornahme der Pasteurschen Schutzimpfung an den gebissenen Menschen.

Daß diese Schutzimpfung bei Lyssa von Erfolg ist, das ist zunächst an Kaninchen und Hunden ausprobiert; letztere sind nach überstandener Impfung auch bei absichtlicher natürlicher Infektion durch tolle Hunde völlig gesund geblieben. Schwierig war nur das Herausfinden eines gleichmäßigen, hinreichend abstufbaren Impfstoffs. Pasteurs genialem Blick ist dies in ausgezeichneter Weise gelungen. Pasteur fand, daß beliebiges Straßenvirus durch fortgesetzte Passage von Kaninchen für diese eine bestimmte maximale Virulenz erlangt; die Kaninchen sterben schließlich bereits 7 Tage nach der Impfung (entweder durch Trepanation und Injektion der Rückenmarkverreibung unter die Dura, oder Anbohren des Schädeldachs mittels Drillbohrer und Durchstoßen der Lamina interna mittels starker Kanüle; eventuell auch intramuskulär, weniger sicher intraokulär). Das so erhaltene Virus wird als Virus fixe bezeichnet. Dasselbe wird alsdann abgeschwächt dadurch, daß Rückenmarkstücke in trockener Luft (Gläser mit Kalistücken) bei konstanter Temperatur verschieden lange Zeit aufbewahrt werden. Es findet dabei nicht eine qualitative Virulenzänderung statt, sondern eine Abnahme der Zahl der Erreger; denn Verdünnungen des vollvirulenten Marks ergeben die gleichen Abstufungen der Virulenz wie die Trocknung der Markstücke. Nach achttägiger Trocknung ist die Virulenz für Kaninchen bereits völlig verschwunden. — Übrigens ist durch die Passage und die Anpassung an das Kaninchen zweifellos auch eine qualitative Änderung eingetreten; denn auch vollvirulentes Virus fixe ist, wie mehrfache Versuche gezeigt haben, für den Menschen ohne Schaden.

Zur Schutzimpfung benutzt man zunächst 8 Tage getrocknetes Virus fixe; 1 cm langes Stück solchen Rückenmarks wird in 5 ccm Bouillon verrieben und dem zu impfenden Menschen in die Bauchhaut eingespritzt. Nach einem bestimmten ausprobierten Schema folgt am nächsten Tage weniger abgeschwächtes Mark usw. Die ganze Behandlung umfaßt 21 Tage. — Die Injektionen werden gut ertragen; schädliche Folgen (myelitische Symptome) sind äußerst selten (40 Fälle auf 100000 Behandelte) und wohl nur bei besonders durch Luës, Alkohol usw. Disponierten beobachtet.

Die Resultate sind vorzüglich, falls die Behandlung spätestens am 2. Tag nach dem Biß begonnen ist. Bei späterem Beginn, ferner bei schweren Gesichtsverletzungen kommen Mißerfolge vor. Immerhin sind auch unter der Gesamtzahl der Geimpften Todesfälle sehr selten; von 100000 in 38 Pasteurinstituten Behandelten starben 0·9 Prozent; dagegen von 15000 Gebissenen aber nicht Behandelten 9 Prozent. Zählt man nur die von sicher tollen Hunden Gebissenen, so ist der Kontrast zwischen Behandelten und Unbehandelten noch viel größer. — An Verbesserungen der Methode wird zurzeit noch rege gearbeitet. — In Preußen besteht ein Pasteursches Institut in Berlin; ein zweites für die besonders heimgesuchten östlichen Provinzen in Breslau.

Anhang.

Die wichtigsten hygienischen Untersuchungsmethoden.

I. Allgemeine Methodik der bakteriologischen Untersuchung.[1]

A. Mikroskopische Untersuchung.

1. Das Untersuchungsmaterial (Eiter, Blut u. dgl., Organstückchen, künstliche Kulturen) kann je nach seiner Konzentration unverdünnt oder mit 0·7 prozentiger Kochsalzlösung verdünnt verwendet werden. Über die Präparation von zähflüssigem oder breiigem Material sowie Organstückchen siehe unter 3.

2. Reagentien: a) Einfache Farblösungen: 1—2 g Gentianaviolett oder Fuchsin oder Methylenblau oder Bismarckbraun in 100 ccm dest. Wasser gelöst; vor jedem Gebrauch frisch filtriert. — Oder man hält sich gesättigte alkoholische Lösungen — in 100 ccm Alkohol 15 g Fuchsin, 7 g Gentianaviolett, 15 g Methylenblau — in Vorrat („Stammlösungen") und setzt davon 20 ccm zu 80 ccm destillierten Wassers.

b) Loefflers Methylenblau. Zu 100 ccm destillierten Wassers gibt man 2 Tropfen einer 10 prozentigen Kalilauge, mischt gut und setzt dann 30 ccm einer gesättigten alkoholischen Methylenblaulösung zu. Vor dem Gebrauch zu filtrieren, haltbar.

c) Karbolfuchsin (Ziehl-Neelsensche Lösung): 100 ccm 5 prozentiger Karbolsäure und 10 ccm gesättigte alkoholische Fuchsinlösung werden gemischt. Die klare Lösung hält sich sehr lange gebrauchsfähig. Außer der konzentrierten Lösung wird auch die 10 fach verdünnte vielfach benutzt.

d) Anilinwasser-Gentianaviolett: 5 ccm Anilinöl werden mit 100 ccm destillierten Wassers einige Minuten kräftig geschüttelt, dann durch ein angefeuchtetes Filter filtriert; in 100 ccm des klaren Filters wird 1 g Gentianaviolett gelöst; oder man fügt zu 100 ccm Anilinwasser 11 ccm konzentrierte alkoholische Gentianalösung. Erst nach 24 stündigem Stehen wird die Lösung unter Absetzen eines Niederschlages völlig klar und soll erst dann (nach Filtration) benutzt werden.

e) Picrocarmin nach Weigert: gebrauchsfertig von Grübler & Co., Leipzig, zu beziehen.

f) Eosin: 2 g in 100 ccm 96 prozentigem Alkohol lösen und zum Gebrauch mit 96 prozentigem Alkohol 1 + 4 verdünnen.

---

[1] Genaueres s. in: Abel, Bakteriologisches Taschenbuch, 11. Aufl. 1907. — Heim, s. S. 607.

g) Jodjodkaliumlösung nach Gram: 1 g Jod und 2 g Jodkalium in 10 bis 20 ccm destillierten Wassers lösen, dann bis 300 ccm mit destilliertem Wasser nachfüllen.

Ferner: 60 prozentiger und 96 prozentiger Alkohol. — Salzsaurer Alkohol: 100 ccm 90 prozentiger Alkohol + 20 Tropfen konzentrierte Salzsäure. — Essigsäure: 0·5—1 prozentige wäßrige Lösung. — Xylol. — Kanadabalsam, am bequemsten in Blechtuben von Grübler & Co., Leipzig.

3. *Anfertigung von Deckglas-Präparaten.*

a) Ungefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten wird, event. nach Verdünnung mit 0·7 prozentiger Kochsalzlösung, ein Tröpfchen auf den Objektträger gebracht, ein Deckglas aufgelegt und bei enger Blende das Präparat durchmustert.

Sollen Kulturen auf festem Nährboden oder Organe untersucht werden, so bringt man zunächst auf den Objektträger ein Tröpfchen 0·7 prozentiger Kochsalzlösung. Dann entnimmt man mit geglühtem Platindraht eine kleine Menge der Kultur oder ein kleines Partikelchen des Organs und zerreibt dasselbe in der Kochsalzlösung, legt ein Deckglas auf und untersucht.

Soll die Beobachtung von Mikroorganismen in ungefärbtem, lebendem Zustande längere Zeit fortgesetzt werden, so geschieht dies „im hängenden Tropfen". In die Mitte eines gut gereinigten Deckgläschens wird ein kleiner Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit gebracht, sodann auf das Deckgläschen ein Objektträger mit Hohlschiff, dessen Rand mit Vaseline umzogen ist, aufgedrückt, so daß das Deckglas fest an dem Objektträger haftet. Nach dem Umdrehen des Präparates hängt der Tropfen vor Verdunstung geschützt in der Höhlung des Objektträgers. Handelt es sich um die Untersuchung von Kulturen auf festem Nährboden, so bringt man einen Tropfen 0·7 prozentiger Kochsalzlösung oder neutrale Bouillon auf das Deckgläschen, impft ihn mit der geglühten Platinnadel am Rande mit einer Spur Kulturmasse und verfährt dann wie oben. Besichtigung im abgedunkelten Gesichtsfeld (tiefstehender Kondensor bezw. enge Blende).

b) Gefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten entnimmt man mit der Platinöse ein kleines Tröpfchen, bringt es in die Mitte des reingeputzten Deckglases und breitet es mit Hilfe des Platindrahtes in möglichst dünner Schicht aus.

Von zähflüssigem oder breiigem Material, z. B. Sputum, entnimmt man ein kleines Partikelchen und bewirkt die Verteilung in dünner Schicht auf dem Deckglas entweder ebenfalls mit Hilfe des Platindrahtes oder, wo dieses nicht angängig, in der Weise, daß man das Partikelchen zunächst auf die Mitte eines Deckglases bringt, dann ein anderes Deckglas auflegt und andrückt und nun die beiden Deckgläser in horizontaler Richtung auseinanderzieht.

Aus Organen (Leber, Milz, Lunge, Niere) entnimmt man mit geglühter Pinzette ein kleines Stückchen von einer frischen Schnittfläche und wischt damit einige Male über das Deckglas (Ausstrichpräparat).

Zur Untersuchung von Kulturen auf festem Nährboden bringt man zunächst auf die Mitte des Deckglases ein ganz kleines Tröpfchen Kochsalzlösung mit der Platinöse; entnimmt dann mit der Spitze eines geglühten Platindrahtes eine sehr kleine Menge der Kultur und verteilt diese in dem Flüssigkeitstropfen. Der Tropfen wird dabei in sehr dünner Schicht über die Oberfläche des ganzen Deckglases ausgebreitet.

Die so hergestellte dünne Ausbreitung irgend eines beliebigen zu untersuchenden Materials muß nun zunächst vollständig lufttrocken werden. Am

besten erreicht man dies dadurch, daß man das Präparat mit der bestrichenen Seite nach oben auf den Tisch legt und ruhig trocknen läßt. — Soll das Antrocknen etwas beschleunigt werden, so erwärmt man das Deckglas gelinde, indem man es zwischen den Fingern ca. 40 cm über der Spitze der Flamme hin- und herbewegt. Keinesfalls darf dieses Erwärmen so stark sein, daß die auf dem Deckglas befindliche Flüssigkeit heiß wird oder gar anfängt zu sieden.

Die angetrocknete Schicht muß nun noch auf dem Deckglas fixiert werden, damit sich dieselbe bei der nachfolgenden Behandlung mit Farbstoff- und Waschflüssigkeiten nicht wieder ablöst. Es geschieht dies durch starkes Erwärmen der Schicht. Während das nasse Präparat nicht erhitzt werden darf, verträgt das trockene Präparat relativ hohe Hitzegrade, ohne daß die Zellen und Bakterien eine Formveränderung erleiden.

Am sichersten wird die Fixierung erreicht, indem man die lufttrockenen Deckgläser im Trockenschrank 2—10 Minuten auf 120—130° erhitzt. — Für die meisten Fälle aber genügt folgendes Verfahren: Man faßt das Deckglas mit einer Pinzette und zieht es, die bestrichene Seite nach oben, dreimal in horizontaler Richtung durch die Flamme eines Bunsenbrenners, etwa mit der Schnelligkeit, „mit der man Brot schneidet". Es ist hier etwas Übung erforderlich, damit das Durchziehen weder zu langsam (dann verbrennt das Präparat) noch zu schnell geschieht (dann wird keine Fixation erreicht).

Das so präparierte Deckglas wird nunmehr gefärbt. Man gibt mit einer Tropfpipette einige Tropfen Farblösung darauf und läßt dieselbe einige Minuten einwirken; oder man läßt das Glas auf der in Schälchen gegossenen Farblösung schwimmen. — Will man die Färbung verstärken und beschleunigen, so faßt man das Deckglas mit der Pinzette und erwärmt es über der Flamme so lange, bis die Farbflüssigkeit anfängt zu dampfen.

Hat der Farbstoff lange genug eingewirkt, so wird derselbe mit Wasser gut abgespült. Dann legt man das Deckglas mit der Präparatseite nach oben auf ein Blatt Filterpapier und drückt einen Objektträger so auf, daß das Deckglas an letzterem haftet. Von der oberen Fläche des Deckglases sind noch die letzten Spuren Wasser durch Abtupfen mit einem Bäuschchen Filterpapier zu entfernen. Dann setzt man einen Tropfen Immersionsöl darauf und untersucht bei hellstem Licht (hochstehender Kondensor, offene Blende).

Ist das Präparat gelungen und soll dasselbe aufbewahrt werden, so wischt man zunächst das Öl von der Oberfläche des Deckglases ab und bringt mit einem Glasstabe rings um dasselbe auf den Objektträger reichlich Wasser. Das Deckglas wird bald auf dem Wasser schwimmen und kann dann, ohne daß das Präparat beschädigt wird, vom Objektträger abgezogen werden. Darauf legt man das Deckglas zwischen zwei Blätter Filterpapier und drückt sanft an, um das Wasser aufzusaugen; schließlich läßt man das Deckglas an der Luft vollends trocken werden. Die Trockenheit muß eine absolute sein, da sonst mit dem Kanadabalsam Trübungen entstehen. Nachdem man dann auf den Objektträger einen kleinen Tropfen Kanadabalsam (der eventuell mit Xylol zu verdünnen ist) gebracht hat, drückt man das Deckglas vorsichtig auf, so daß sich der Balsam bis zum Rande verbreitet. In diesem Zustand muß das Präparat 8—14 Tage liegen bleiben, bis der Kanadabalsam erstarrt ist und der Überschuß desselben mit dem Messer und Nachwischen mit Xylol entfernt werden kann.

4. *Behandlung von Schnitten.* Die Organstücke werden entweder mittels Gefriermikrotoms frisch geschnitten und gefärbt; oder erst in Alkohol bezw. einem

Gemisch von 30·0 Chloroform, 10·0 Eisessig und 60·0 Alkohol (96 prozentig) einige Stunden aufbewahrt, dann 4—6 Stunden in 96 prozentigem Alkohol unter 2stündlichem Wechsel desselben nachehärtet und in Paraffin eingebettet. Die Stückchen kommen zunächst auf ca. 1 Stunde in Xylol, sodann auf einige Stunden in ein Gemisch von Xylol und Paraffin (vom Schmelzpunkt 51°) āā, das man durch Einstellen in den Brütschrank (37°) flüssig hält, hierauf in reines, gleichfalls dauernd flüssig zu haltendes Paraffin auf mindestens 2 Stunden. Sodann füllt man ein Deckglasschächtelchen mit flüssigem Paraffin, bringt das paraffindurchtränkte Organstückchen hinein und läßt nun das Paraffin in einer Schale mit kaltem Wasser schnell zu einem festen Block erstarren, den man dann von der Schachtel befreien, für das Mikrotomtischchen passend zurechtschneiden und auf demselben durch etwas zwischengebrachtes flüssiges Paraffin befestigen kann.

Die Schnitte können in Spiritus gebracht und unbeschadet ihrer Färbbarkeit lange darin aufbewahrt oder sogleich auf Objektträger aufgeklebt werden. Hierzu bringt man sie zunächst auf $^1/_4$ Stunde in Xylol, sodann auf einige Minuten in 90 prozentigen Alkohol, dann in warmes Wasser von 45° C., wo sie sich flach ausbreiten und leicht auf einem untergeschobenen Objektträger aufgefangen werden können. Man entfernt nun vorsichtig rings um den Schnitt und von der Unterseite des Objektträgers das überschüssige Wasser mit Fließpapier und läßt den Rest des Wassers durch Einlegen des Objektträgers in den Brütschrank (37°) auf 24 Stunden verdunsten, wobei eine zur Vornahme nachfolgender Färbungen ausreichende Fixierung des Schnittes erreicht wird.

Für die Färbung wählt man die dünnsten, wenn auch kleinen, Schnitte aus. Man faßt dieselben mit einer rechtwinklig gebogenen Glas- oder Platinnadel und überträgt sie direkt aus dem Alkohol in die Färbeflüssigkeit. Nachdem der Farbstoff die vorgeschriebene Zeit eingewirkt hat, fischt man die Schnitte mit derselben Glas- oder Platinnadel wieder heraus und überträgt sie in die Entfärbungsflüssigkeit, wo sie mit der Nadel etwas hin- und herbewegt werden. Ist die Entfärbung vollendet, so überträgt man mit der Nadel den Schnitt in ein Schälchen mit nicht zuwenig reinem Alkohol, um das Wasser zu entziehen. Nach 5 Minuten überträgt man den Schnitt in Xylol oder erst in Nelkenöl und dann in Xylol. Hier breitet es sich von selbst aus und wird bald durchscheinend. Nach 1 Minute schiebt man einen Spatel unter den Schnitt und hebt ihn vorsichtig aus dem Xylol, wobei darauf zu achten ist, daß er auf dem Spatel glatt, ohne Falten und Knicke liegt. Nunmehr setzt man den Spatel mit seiner vorderen Kante auf die Mitte eines reinen Objektträgers und zieht den Schnitt langsam mit der Nadel herüber. Er soll dann auch hier glatt ausgebreitet liegen. Mit Filterpapier saugt man das überschüssige Xylol sorgfältig ab, gießt dann auf den Schnitt einen Tropfen Kanadabalsam und legt das Deckglas auf.

5. *Spezielle Färbemethoden.* 1) Gramsche Methode. Die Ausstrichpräparate auf Deckgläsern bezw. die Schnitte kommen 2 Minuten in Anilinwassergentianalösung, dann (ohne vorher abzuspülen) in Jod-Jodkaliumlösung bestehend aus 1 g Jod, 2 g Kal. jod. und 300 ccm destilliertem Wasser. In dieser Lösung bleiben sie 2 Minuten, werden dann $^1/_2$ Minute in 96 prozentigem Alkohol bewegt, bis sie farblos oder blaßblau erscheinen. Dann Balsam bezw. Xylol. Balsam. — Die Bakterien treten im Präparat schwarzblau gefärbt auf farblosem Grunde hervor.

Sollen die Zellkerne des Gewebes mit einer Kontrastfarbe (rot) gefärbt werden, so legt man die Schnitte vor der Gramschen Färbung einige Minuten

in Wasser, dann 30 Minuten in Pikrokarminlösung; dann Auswaschen in Wasser, darauf in Alkohol und von da in die Gentianalösung wie oben. — Bei Ausstrichpräparaten auf Deckgläsern gelingt die Gegenfärbung auch dadurch, daß man die nach GRAM fertig behandelten Deckgläser in dünne alkoholische Eosinlösung taucht, in Alkohol abspült und trocknet.

Anwendbar auf: Eiterkokken, Diploc. pneumoniae, Micr. tetragenus; Milzbrand-, Diphtherie-, Mäusesepsis-, Schweinerotlauf-, Tuberkel-, Lepra-, Tetanusbazillen, Actinomyces u. a. — Es färben sich nicht nach dieser Methode: Typhus-, Coli-, Rotz-, Influenza-, Pest-, Hühnercholerabazillen; Cholerabazillen; Gonokokken; Recurrensspirillen u. a.

2) Doppelfärbung nach WEIGERT (für Schnitte). Die Schnitte zunächst auf 5 Minuten in Gentianalösung, dann Abspülen in Alkohol, den Alkohol durch Eintauchen in destilliertes Wasser entfernen; darauf für 1—24 Stunden in Pikrokarminlösung, Auswaschen in Alkohol, Nelkenöl, Xylol, Balsam. Die Mikroorganismen erscheinen blau, die Zellkerne rot. — Sehr geeignet für Milzbrand, Mäusesepsis, Schweinerotlauf usw.

3) Sporenfärbung. Die Bedingungen reichlicher Sporenbildung und -reifung sind vorher für die betreffende Bakterienart und Kultur zu bestimmen und das Material ist vor Anfertigung eines gefärbten Präparats im hängenden Tropfen auf seinen Gehalt an Sporen zu prüfen. Sodann Deckglas reichlich mit Kulturmasse von der Oberfläche oder den Randpartien beschicken, trocknen, fixieren (Milzbrand dreimal durch die Flamme ziehen, Subtilis zehnmal usw., für die einzelnen Bakterienarten verschieden); dann Einlegen in frische, dampfende Anilinwasser-Fuchsinlösung (100 Anilinwasser + 11 ccm konz. alkohol. Fuchsinlösung), vorsichtig bis zur Blasenbildung erhitzen, dann absetzen und kurze Zeit warten, dann wieder bis zur Blasenbildung erhitzen usf. im ganzen 3—4 Minuten; dann eintauchen in absoluten Alkohol, ganz kurzes Eintauchen (1—2 Sekunden) in salzsauren Alkohol (siehe oben) und längeres Abspülen in 60prozentigem Alkohol, bis das Präparat Rosafärbung zeigt. Abtrocknen mit Fließpapier; Nachfärben mit wäßriger Methylenblaulösung 5—15 Sekunden; Abspülen in Wasser, trocknen, Kanadabalsam.

4) Geißelfärbung (nach PEPPLER). Reinigung der Deckgläser. Die Deckgläser bezw. Objektträger werden in einer Porzellanschale mit einer 4prozentigen Kaliumpermanganatlösung unter öfterem Umrühren mit Holzstab $^1/_2$ Stunde gekocht. Die Flüssigkeit wird abgegossen und die Schale kommt unter die Wasserleitung, bis das Spülwasser ungefärbt abläuft, dabei öfter umgerührt und geschüttelt, damit die aufeinander liegenden Deckgläser gut gespült werden. Nach Beseitigung des Spülwassers werden sie unter dem Abzug $^1/_2$ Stunde mit einem Teil Salzsäure und vier Teilen destilliertem Wasser gekocht, abgegossen und solange gespült, bis sich das Lackmuspapier nicht mehr rötet. Nun drei- bis viermal in 96prozentigem Alkohol gespült, mit Pinzette herausgeholt, den Alkohol etwas abtropfen lassen und senkrecht in der Flamme abbrennen. In Glasschalen werden dieselben vor Staub geschützt aufbewahrt. Auch trüb gewordene Deckgläser liefern noch gute Präparate. — Beize. Einer durch gelinde Erwärmung im Wasserbade bereiteten und auf 20° abgekühlten Lösung von 20·0 Tannin in 80·0 destilliertem Wasser werden 15·0 einer wässrigen schwefelsäurefreien Chromsäurelösung 2·5 : 100·0 langsam in kleinen Portionen unter fortwährendem Umschütteln zugefügt. Nach 4—6tägigem Stehen bei Zimmertemperatur nicht unter 18° oder bei kalter Jahreszeit entsprechend weniger lange im Brütschrank von 20° wird die Beize durch doppeltes

Faltenfilter filtriert, wobei starke Abkühlung zu vermeiden ist. Die fertige Beize ist eine klare, dunkelbraune Flüssigkeit, welche, ohne an Beizkraft zu verlieren, mit der Zeit einen geringen, an der Glaswand haftenden Niederschlag ausfallen läßt. Sie wird bei Zimmertemperatur verschlossen aufbewahrt und vor Gebrauch filtriert. — Farbstofflösung. Karbolgentianalösung: konzentr. alkohol. Gentianaviolettlösung (5 : 100·0) 10·0, Acid. carbolic. liquef. 2·5, Aq. dest. ad. 100·0. Die Lösung bleibt einige Tage ruhig stehen und wird ohne zu schütteln filtriert; oder konz. alkohol. Fuchsinlösung 10·0, Acid. carbolic. liquef. 2·5, Aq. dest. ad 100·0. — Anfertigung des Präparats: Man entnimmt drei Deckgläschen mit der Pinzette und versieht Nr. 1 u. 2 mit je einem Tropfen Leitungswasser, impft den Tropfen Nr. 1 mit einer Spur Kulturmasse (junge Kultur, Typhus 12stündig) und bringt hierauf von Nr. 1 eine kleine Öse zum Tropfen 2 und hiervon wiederum eine kleine Öse auf das noch leere Deckglas 3, auf dem das Tröpfchen sehr vorsichtig ohne Reiben etwas ausgebreitet wird. Nachdem dasselbe lufttrocken geworden ist, hält man (zur Fixierung) einen in der Flamme des Bunsenbrenners erwärmten Objektträger in einer Entfernung von 2—3 cm $^1/_2$—1 Minute über das Präparat und übergießt es dann mit filtrierter Beize. Nach 3—5 Minuten das Deckgläschen (beiderseits!) mit einem Strahl Wasser abspülen und das Wasser von selbst abfließen lassen (nicht zwischen Fließpapier abtrocknen!). Darauf für 2 Minuten in die Farblösung (ohne Erwärmen), dann wie oben abspülen mit Wasser, letzteres möglichst ablaufen lassen und vorsichtig hoch über der Flamme völlig trocknen.

B. Kulturverfahren.

Die Isolierung von Bakterien mittels der Plattenkultur.

Das Untersuchungsmaterial (Dejektionen, Wasser, Leichenteile, Sputum, Eiter u. dgl.) wird in einem sterilisierten Reagenzglas ins Laboratorium gebracht. Man kann die Reagenzgläser sterilisieren, indem man zunächst den verschließenden Wattepfropfen tief hineinschiebt, das Glas mit der Pinzette faßt und mit der Gas- oder Spiritusflamme in seiner ganzen Ausdehnung kräftig erhitzt; wenn der Wattepfropf leicht gebräunt ist, zieht man ihn an die Mündung des Röhrchens vor. — Die Untersuchung muß stets sobald als möglich erfolgen, da sonst durch Vermehrung der Saprophyten das Auffinden der Krankheitserreger erschwert oder unmöglich wird.

Utensilien und Nährsubstrat. Als sog. Platten benutzt man flache Glasschalen mit Deckel (Petrische Schalen). Fehlt es an den im Laboratorium üblichen Sterilisationsapparaten, so kann man die Schalen für 1 Stunde in Sublimatlösung (1 : 2000) einlegen und durch wiederholtes Übergießen mit gekochtem und wieder abgekühltem Wasser das Sublimat sorgfältig entfernen; oder man kocht sie in schwacher Sodalösung 1 Stunde und läßt in derselben erkalten.

Zum Einbringen des Materials verwendet man Platindrähte, die in ein Glasrohr eingeschmolzen und am Ende zu einer 2 mm im Durchmesser haltenden Öse umgebogen sind. Die Drahtenden werden durch Ausglühen in der Flamme sterilisiert.

Die Nährsubstrate können in Reagenzgläsern oder Vorratskolben fertig bezogen werden, z. B. von Grübler & Co. in Leipzig, Rohrbeck oder Lautenschläger in Berlin.

Das Plattengießen. Drei Röhrchen mit Nährgelatine werden in warmes Wasser von 35° gesetzt, bis die Gelatine flüssig geworden ist. Dann

entnimmt man mittels der Platinöse dem Untersuchungsmaterial eine kleine Probe (bei Wasseruntersuchung Tropfen mittels kleiner Pipette, s. S. 142) und bringt dieselbe in eines der Röhrchen *a*, nachdem man dessen Wattepfropfen abgenommen, aber zwischen den Fingern behalten hat. Die Platinöse wird sofort ausgeglüht und beiseite gelegt, dann der Wattepfropfen in das Röhrchen geschoben und die flüssige Gelatine durch vorsichtiges Neigen und Drehen (es soll sich kein Schaum bilden und nicht zuviel Gelatine in den Wattepfropf eindringen) gründlich mit dem Untersuchungsmaterial gemischt. Nun setzt man das Röhrchen wieder in warmes Wasser, nimmt den Wattepfropfen ab und wirft letzteren in eine Schale mit HCl. Dann nimmt man das Röhrchen *b* in die linke Hand und dessen Wattepfropfen zwischen die Finger, taucht die frisch geglühte Platinöse in das offene Röhrchen *a* und dann in Röhrchen *b* und wiederholt dies fünfmal; darauf schließt man *b* mit dem Wattepfropfen, mischt wieder gut durch, setzt es in warmes Wasser neben *a* und wirft auch diesen Wattepfropfen in HCl. Nun nimmt man Röhrchen *c* und füllt in dasselbe in genau der gleichen Weise fünf Ösen aus dem Röhrchen *b* über. Darauf stellt man drei mit Deckel versehene Petrische Schälchen nebeneinander auf den Tisch (bei warmem Zimmer auf ein mit kaltem Wasser gefülltes flaches Blechgefäß), signiert sie mit *a*, *b*, *c* und gießt nun unter teilweisem vorsichtigen Aufheben des Deckels den Inhalt von Röhrchen *a* in Schäle *a*, den von *b* in Schale *b*, den von *c* in Schale *c*. Nach 5—15 Minuten ist die Gelatine vollkommen erstarrt, und die Schälchen werden dann in den Brütofen gesetzt.

Die Feststellung des Resultats erfolgt nach 24—48—72 Stunden zunächst durch Betrachtung der Platte mit bloßem Auge, dann mit 60 facher Vergrößerung. Gestalt, Farbe, Verflüssigung der Kolonien, und zwar der tiefliegenden wie der oberflächlichen, ist zu notieren. Zu genauerem Studium ist oft nur eine Platte geeignet, während die anderen zu zahlreiche oder zuwenig Kolonien enthalten. Genauere Feststellung der Zahl erfolgt mittels einer in kleine Quadrate geteilten Glasplatte; man ermittelt ein für allemal, wieviel solcher Quadrate in der Fläche eines Petrischen Schälchens enthalten sind und findet z. B. 167; dann zählt man auf der zu untersuchenden Platte etwa in 10 verschieden gelagerten Quadraten die Kolonien, nimmt von diesen das Mittel und multipliziert letzteres mit 167. Eine bequemere und bei reichlichem Keimgehalt genauere Methode besteht nach M. Neisser in der mikroskopischen Auszählung von 60 Gesichtsfeldern und hieraus an der Hand von Tabellen die Bestimmung der Gesamtkolonienzahl auf der ganzen Platte unter Berücksichtigung der Größe der Platte und des mikroskopischen Gesichtsfeldes. — Interessierende Kolonien sind möglichst früh in Reagenzgläser mit Gelatine abzuimpfen, d. h. man taucht einen vorher geglühten spitzen Platindraht, eventuell unter Leitung der Lupe oder des Mikroskops, in die Kolonie und macht mit dem Draht dann einen Einstich in ein Gelatineröhrchen, dessen Wattepfropfen man abgenommen und zwischen die Finger geschoben hat und das man mit der Mündung nach unten in der Hand hält. Unmittelbar nach dem Einstich setzt man den Wattepfropfen wieder auf.

Unter Umständen ist der Ausstrich auf Platten vorzuziehen. Man gießt die verflüssigte Gelatine (Agar) zunächst in sterile Schalen aus, läßt erstarren und legt dann von dem Untersuchungsmaterial (direkt oder nach vorheriger Verdünnung in steriler Bouillon) mittels eines Platinpinsels (Kruse) oder gekrümmten Glasstabes parallele Ausstriche auf einer oder mehreren Platten an (vgl. unten „Typhusdiagnose“).

II. Spezielle parasitologische Diagnostik.

1. Abdominaltyphus.

Anleitung für die bakteriologische Feststellung des Typhus (und Paratyphus) für die zur Typhusbekämpfung eingerichteten Untersuchungsämter im Südwesten des Reichs[1].

I. Zur Untersuchung geeignetes Material.

1. Stuhlgang;
2. Harn;
3. Blut aus Roseolaflecken (gewonnen durch oberflächliche Skarifikation der Flecken);
4. Auswurf;
5. eitrige Absonderungen oder entzündliche Ausschwitzungen jeder Art;
6. Blut (a. durch Stich in das Ohrläppchen, b. ausnahmsweise durch Punktion der Armvene in der Menge von 2—3 ccm gewonnen);
7. beschmutzte Wäschestücke (u. a. Windeln), namentlich bei heftigen Durchfällen;
8. von Leichen: Milz oder auch (bei nicht gestatteter Obduktion) Milzsaft, durch Aspiration mit einer Injektionsspritze gewonnen, Dünndarmschlingen oder Darminhalt (namentlich vom Zwölffingerdarm), Gekrösdrüsen, Galle, Inhalt von Eiterherden, Lunge, Inhalt der Luftröhrenäste;
9. Wasser in der Menge von 3—5 Liter, aus Kesselbrunnen a) von der Oberfläche, b) nach vorherigem Aufrühren des Grundes.

II. Gang der Untersuchung.

A. Kultur.

1. Zu I. 1, 4, 5, 7, 8. Anlegung von mindestens 2 Serien Platten auf v. Drigalski-Conradischem Nährboden (vgl. Anhang), Züchtung bei 37° 18 bis 24 Stunden lang oder 2—3 Tage bei Zimmertemperatur.

Der Oberflächenausstrich geschieht mit Hilfe des v. Drigalskischen Glasspatels, nachdem der Stuhlgang mit steriler 0·8 prozentiger Kochsalzlösung verdünnt und verrieben ist.

Von jeder Stuhlprobe werden zweckmäßig wenigstens zwei Plattenserien angelegt. Es empfiehlt sich, eine von den beiden Serien so anzulegen, daß die Öse Stuhlgang usw. in 4—6 Tropfen Bouillon oder Kochsalzlösung aufgeschwemmt und jeder Tropfen auf 1—2 Platten verteilt wird.

2. Zu I. 2. Untersuchung wie bei II. 1. Die Aussaat erfolgt

bei Harn, der durch Bakterien getrübt ist, unmittelbar in Menge von mehreren Ösen,

bei klarem Harn in Menge von einem bis mehreren Kubikzentimetern, die von der Oberfläche des Harns entnommen werden, eventuell nachdem dieser mehrere Stunden gestanden hat.

---

[1] Abgedruckt aus den „Veröffentl. des Kaiserl. Gesundheitsamts“ 1904, Nr. 49.

3. Zu I. 3 und I. 6b. Aussaat in schwach alkalischer Fleischwasserpeptonbrühe, bei 3. in Röhrchen mit etwa 10 ccm Brühe, bei 6b. in Kolben mit etwa 150 ccm Brühe. Züchtung bei 37°; nach etwa 20 Stunden Aussaat auf Platten wie unter II. 1.

4. Zu I. 9. Es empfiehlt sich, das Wasser, namentlich wenn es klar ist vor der Verarbeitung einige Tage bei Zimmertemperatur stehen zu lassen, alsdann einen bis mehrere Kubikzentimeter Wasser von der Oberfläche zu entnehmen und auf je eine Platte zu verteilen. Statt dessen kann auch das folgende Verfahren zur Anwendung kommen: Das zu untersuchende Wasser wird frisch in einen oder mehrere hohe Meßzylinder von je 2 Liter Rauminhalt gegossen. Zu je 2 Liter Wasser werden 20 ccm einer sterilisierten 7·75 prozentigen wäßrigen Lösung von Natriumhyposulfit (Natrium thiosulfuricum des Arzneibuches für das Deutsche Reich) hinzugefügt und gut gemischt. Darauf werden 20 ccm einer sterilisierten 10 prozentigen Lösung von Bleinitrat in Wasser hinzugesetzt. Der entstehende Niederschlag wird entweder durch Zentrifugieren oder durch Stehenlassen während 18—24 Stunden und Abgießen der überstehenden Flüssigkeitsschicht gewonnen. Zu dem Bodensatz werden 14 ccm einer sterilisierten 100 prozentigen wäßrigen Lösung von Natriumhyposulfit (Natrium thiosulfuricum des Arzneibuches für das Deutsche Reich) hinzugefügt, die Mischung wird gut geschüttelt und in ein steriles Röhrchen gegossen, bis sich die nicht löslichen Bestandteile zu Boden gesenkt haben. Von der klaren Lösung werden je 0·2—0·5 ccm wie unter II. 1 zu Platten verarbeitet.

Die auf den in der beschriebenen Weise angelegten Platten gewachsenen Kolonien werden zunächst durch Betrachtung mit dem unbewaffneten Auge auf Größe, Farbe und Durchsichtigkeit geprüft. Die auf Typhusbazillen verdächtigen Kolonien werden sodann auf dem Deckglase auf ihr Verhalten gegenüber stark agglutinierendem Typhusserum makroskopisch untersucht und Reinkulturen von einer Anzahl derselben auf schräg erstarrtem alkalischen Fleischwasserpeptonagar angelegt.[1]

Zur genaueren Bestimmung einer auf die beschriebene Weise gezüchteten Reinkultur dient

a) Prüfung auf Gehalt und Beweglichkeit,
b) die Agglutinationsprobe (s. B. 1),
c) Züchtung auf
   1. Bouillon,
   2. schräg erstarrter Gelatine,
   3. Neutralrot-Traubenzuckeragar,
   4. Lackmusmolke,

d) Züchtung auf Kartoffeln,
e) „ „ Gelatineplatten,
f) der Pfeiffersche Versuch

} kommen nur in Frage, wenn Zweifel bleiben oder die Typhuskolonie aus Wasser, Dung oder einem anderen ungewöhnlichen Medium stammt.

Von jeder festgestellten Typhuskultur ist mindestens eine höchstens 20 stündige Reinkultur auf schräg erstarrtem alkalischen Fleischwasserpeptonagar durch Zuschmelzen des Röhrchens luftdicht zu verschließen und für die spätere

[1] Die Erkennung etwaiger Paratyphuskolonien wird erleichtert, wenn man die stehengebliebenen Platten nach einigen Tagen nochmals durchmustert (Schleim bildende Kolonien).

Nachprüfung, vor Licht geschützt, einen Monat lang bei Zimmertemperatur aufzubewahren.

B. Agglutinationsprobe.

1. Zur Bestimmung einer verdächtigen Kolonie oder einer Reinkultur.

a) Vorläufige Prüfung im hängenden Tropfen (in 0·8 prozentiger Kochsalzlösung) bei schwacher Vergrößerung. Es muß mit dem spezifischen, möglichst hochwertigen Serum in der Verdünnung von 1 : 100 sofort, spätestens aber während eines 20 Minuten langen Verweilens im Brütschrank bei 37° deutliche Häufchenbildung eintreten.

b) Bestimmung der Agglutinierbarkeit im Reagenzglase oder Uhrschälchen. Mit dem Testserum werden durch Vermischen mit 0·8 prozentiger (behufs völliger Klärung zweimal durch gehärtete Filter filtrierter) Kochsalzlösung Verdünnungen im Verhältnis von 1 : 100, 1 : 500, 1 : 1000 und 1 : 2000 hergestellt. Von diesen Verdünnungen wird je 1 ccm in Reagensröhrchen gegeben, und je eine Öse der zu prüfenden 10—24 Stunden alten Agarkultur darin verrieben und durch Schütteln gleichmäßig verteilt.[1] Nach spätestens dreistündigem Verweilen im Brütschrank bei 37° werden die Röhrchen herausgenommen und besichtigt, und zwar am besten so, daß man sie schräg hält und von unten nach oben mit dem von der Zimmerdecke reflektierten Tageslicht bei schwacher Lupenvergrößerung betrachtet. Der Ausfall des Versuchs ist nur dann als positiv anzusehen, wenn unzweifelhafte Häufchenbildung (Agglutination) erfolgt ist.

Bei jeder Untersuchung müssen Kontrollversuche angestellt werden, und zwar:

1. mit derselben Kultur und mit der Verdünnungsflüssigkeit;

2. mit einer bekannten Typhuskultur von gleichem Alter wie die zu untersuchende Kultur, und mit dem Testserum. Fällt der Agglutinationsversuch mit einer Reinkultur negativ aus, so ist die Kultur zunächst durch wiederholte Übertragungen auf Agar fortzuzüchten und dann der Versuch zu wiederholen.

2. Zur Prüfung des Serums eines typhusverdächtigen Menschen.

a) Blutentnahme: Die Entnahme des Blutes erfolgt am besten durch Einstich in das vorher gereinigte[2] Ohrläppchen.

Das tropfenweise herausgedrückte Blut wird in Kapillaren von 6—8 cm Länge und etwa 2 mm lichter Weite, deren spitze abgeschmolzene Enden vorher abgebrochen sind, aufgesogen.

In die schräg nach unten gehaltene Kapillare muß das Blut schnell eintreten. Geschieht das nicht, so ist bereits Gerinnung erfolgt; man hat dann sogleich ein frisches Röhrchen zu nehmen.

Die Kapillare muß mindestens bis zur Hälfte gefüllt werden.

Mit Blut gefüllte Kapillaren dürfen nur mit Siegellack oder Wachs verschlossen, nicht über der Flamme zugeschmolzen werden.

---

[1] Anmerkung des Verfassers: Benutzbar sind auch die konservierten, haltbaren, von lebenden Keimen freien Typhus- und Paratyphusaufschwemmungen, welche unter der Bezeichnung „Fickersches Typhus-Diagnosticum" von E. Merck-Darmstadt zu beziehen sind.

[2] Bei der Reinigung des Ohrläppchens mit Alkohol ist das Verdunsten desselben abzuwarten, bevor der Einstich gemacht wird.

Kapillaren lassen sich herstellen aus dünnen, 2 mm weiten oder weiteren Barometerröhrchen über dem Bunsenbrenner oder einer hochbrennenden Spiritusflamme.

b) Gewinnung und Verwendung des Serums: Nach einigen Stunden, im Eisschrank schon nach 1 Stunde, hat sich das Serum klar abgesetzt.

Bricht man die Enden der Kapillare so weit ab, daß an dem einen Ende das ausfließende Serum keine Verengerung des Röhrchens mehr zu passieren hat, so erhält man klares Serum, fast ohne Beimengung von Blutkörperchen.

Andernfalls wird zweckmäßig zentrifugiert.

Das Serum wird mit einer 1 ccm fassenden, mit $^1/_{100}$ Teilung versehenen Pipette abgemessen und mit steriler 0·8 prozentiger Kochsalzlösung auf das 50fache verdünnt. Ergibt diese Verdünnung weniger als 2 ccm, so wird die Probe auf Agglutination auf einem Deckglase angesetzt; andernfalls mit je $^1/_2$—1 ccm in einem dünnen Reagenzglase.

Mikroskopische Agglutinationsprobe: In je einem auf das Deckglas gebrachten Tropfen der Verdünnung des Serums 1 : 50, sowie einer aus dieser bereiteten Verdünnung 1 : 100 wird sowohl von einer Typhuskultur[1] wie von einer Paratyphuskultur vom Typus B[1], im Falle des negativen Ausfalls auch von einer Paratyphuskultur vom Typus A[1], eine Nadelspitze soweit verrieben, daß man mit bloßem Auge eben eine Trübung sieht; die Platinnadel wird dann abgebrannt und der Tropfen gleichmäßig weiter verrieben.

Auf dem hohlen Objektträger muß das Deckglas durch den Vaselinrand luftdicht abgeschlossen sein.

Makroskopische Agglutinationsprobe: Das übrige Serum wird durch Zusatz einer gleichen Menge 0·8 prozentiger Kochsalzlösung auf 1 : 100 verdünnt und mit den genannten Kulturen auf Agglutinationsfähigkeit im Reagenzglase geprüft (vgl. B, 1 b).

Auf je 1 ccm Serumverdünnung wird 1 Normalöse (2 mg) der Kultur an der Wand des Röhrchens sorgfältig verrieben.

Die angesetzten Proben bleiben entweder 3 Stunden bei 37° oder vom Abend bis zum nächsten Morgen bei Zimmertemperatur stehen.

Bei spärlicher Serummenge werden zwecks Feststellung des Grenzwertes gleiche Mengen der Serumverdünnung und einer Aufschwemmung von 2 Normalösen in 1 ccm 0·8 prozentiger Kochsalzlösung mittels Pipette oder Kapillare in ein mit Deckel versehenes Uhrglas oder Blockschälchen gebracht. Die Prüfung erfolgt makroskopisch und mikroskopisch.

c) Prüfung der Reaktion: Die Agglutination, auch bei makroskopischen Proben, ist stets durch das Mikroskop zu kontrollieren, namentlich wenn dem Serum Blutkörperchen beigemengt waren.

Die auf dem Deckglase angesetzte Probe 1 : 50 hat nur orientierenden Wert.

Sind in jedem Gesichtsfelde reichlich Häufchen selbst neben noch vereinzelt liegenden Bakterien enthalten, so ist die Reaktion als positiv zu bezeichnen.

Ist nur die Probe 1 : 50, nicht aber diejenige 1 : 100 positiv, so ist die

---

[1] Die Kulturen sollen 10—24 Stunden alt sein. Es empfiehlt sich, den Laboratoriumsstamm, mit dem die Probe angestellt wird, von Zeit zu Zeit zu wechseln.

Einsendung neuer Blutproben nach einigen Tagen zu veranlassen und der Fall so lange als verdächtig anzusehen.

C. Pfeifferscher Versuch.

Das hierzu verwendete Serum muß möglichst hochwertig sein.

Zur Ausführung des Pfeifferschen Versuches sind 4 Meerschweinchen von je 200 g Gewicht erforderlich.

Tier A erhält das Fünffache der Titerdosis des Serums.

Tier B erhält das Zehnfache der Titerdosis des Serums.

Tier C dient als Kontrolltier und erhält das Fünfzigfache der Titerdosis vom normalen Serum derselben Tierart, von welcher das bei Tier A und B benutzte Serum stammt.

Sämtliche Tiere erhalten diese Serumdosen gemischt mit je einer Öse der zu untersuchenden, 18 Stunden bei 37° auf Agar gezüchteten Kultur in 1 ccm Fleischbrühe (nicht in Kochsalz- oder Peptonlösung) in die Bauchhöhle eingespritzt.

Tier D erhält nur $^1/_4$ Öse Kultur intraperitoneal, um festzustellen, ob die Kultur für Meerschweinchen virulent ist.

Zur Injektion benützt man eine Kanüle mit abgestumpfter Spitze. Die Injektion in die Bauchhöhle geschieht nach Durchschneidung der äußeren Haut; es kann dann mit Leichtigkeit die Kanüle in den Bauchraum eingestoßen werden. Die Entnahme des Peritonealexsudats zur mikroskopischen Untersuchung im hängenden Tropfen erfolgt vermittelst Glaskapillaren gleichfalls an dieser Stelle. Die Betrachtung des Exsudats geschieht im hängenden Tropfen bei starker Vergrößerung, und zwar 20 Minuten, 1 Stunde und 2 Stunden nach der Injektion.

Bei Tier A und B muß spätestens nach 2 Stunden typische Körnchenbildung oder Auflösung der Bazillen erfolgt sein, während bei Tier C und D eine große Menge lebhaft beweglicher und in ihrer Form gut erhaltener Bazillen vorhanden sein muß. Damit ist die Diagnose gesichert.

III. Beurteilung des Befundes.

Eine vorläufige Diagnose auf Typhus kann gestellt werden bei charakteristischer Beschaffenheit der Kolonien auf dem v. Drigalski-Conradischen Nähragar (s. Anhang) und bei positivem Ausfall der Agglutinationsprobe im hängenden Tropfen (II. B, 1 a).

Derartige Fälle sind unter Vorbehalt sofort als Typhus zu melden. Zur endgültigen Feststellung des Typhus ist der positive Ausfall der sämtlichen unter II. A und B angeführten Proben ausreichend; bestehen nach Vornahme dieser Proben noch Zweifel über die Art der gezüchteten Bakterien, so ist der Pfeiffersche Versuch (II. C) vorzunehmen.

Zeigt das Serum der untersuchten Person in einer Verdünnung von 1 : 100 mit Typhus- oder Paratyphusbazillen positive Reaktion, so ist der Fall als typhusverdächtig zu melden, wenn auch nur geringe Krankheitserscheinungen vorliegen oder ein Zusammenhang mit Typhusfällen nachweisbar ist.

Anhang.

1. Herstellung des Nährbodens zum Nachweise der Typhusbazillen nach v. Drigalski-Conradi.

Berechnet auf 2 Liter.

I. Bereitung des Agar.

3 Pfund fettfreies Pferdefleisch werden fein gehackt, mit 2 Liter Wasser übergossen und bis zum nächsten Tage stehen gelassen (im Eisschrank).

Das Fleischwasser wird sodann abgeseiht und der Rückstand — am besten mit einer Fleischpresse — abgepreßt. Die ganze Menge der auf diese Weise gewonnenen Flüssigkeit wird dann gemessen, gekocht und filtriert.[1] Dem Filtrate werden zugefügt:

1 Prozent Pepton sicc. Witte,
1 Prozent Nutrose (oder auch 1 Prozent Tropon),
0·5 Prozent Kochsalz.

Die Mischung wird dann gekocht, alkalisiert und filtriert, unter Zusatz von 3 Prozent Agar (zerkleinerter Stangenagar) 3 Stunden lang im Dampftopf gekocht, darauf durch Sand (Rohrbeck sches Sandfilter) oder Leinwand[2] oder sterilisierte entfettete Baumwolle im Dampftopf filtriert, wiederum alkalisiert und gemessen.

II. Milchzucker-Lackmuslösung.

300 ccm Lackmuslösung von Kahlbaum-Berlin werden 10 Minuten lang gekocht, erhalten darauf einen Zusatz von 30 g Milchzucker und werden abermals 15 Minuten lang gekocht; bei der Benutzung ist die Flüssigkeit sorgfältig vom Bodensatze abzugießen.

III. Mischung.

Die heiße Milchzucker-Lackmuslösung (II) wird zu der heißen Agarmasse (I) zugesetzt und die Mischung mit 10 prozentiger Sodalösung bis zur schwach alkalischen Reaktion alkalisiert.

Die Alkalisierung geschieht bei Tage mit dem in dem Nährboden enthaltenen Lackmus als Indikator. Die Farbenprüfung gelingt leicht in dem schräg geneigten Kolbenhals gegen einen weißen Untergrund oder durch Betrachtung des Schaumes, der beim Schütteln des Kolbens auftritt.

Zu dem schwach alkalischen Nährboden werden 6 ccm einer sterilen warmen 10 prozentigen Sodalösung und 20 ccm einer frischen Lösung von 0·1 g Kristallviolett O chemisch rein — Höchst (Präparate anderer Fabriken sind nicht gleichwertig verwendbar) — in 100 ccm Aq. dest. steril. hinzugefügt.

Der Nährboden wird in Mengen von etwa 200 ccm in Erlenmeyersche Kölbchen abgefüllt und kann so wochenlang aufbewahrt werden.

Die Doppelschalen für die Herstellung der Platten müssen einen Durchmesser von 18—20 cm haben. Platten dürfen nicht aufbewahrt, sondern müssen stets frisch gegossen werden.

---

[1] An Stelle des Fleischwassers kann unter Umständen eine 1 prozentige Lösung von Liebigs Fleischextrakt in Wasser benutzt werden.

[2] Bei Filtration durch Leinwand wird der Filtriertrichter zum Schutze gegen Verdünnung durch einfließendes Kondenswasser mit einem leichten übergreifenden Deckel bedeckt.

IV. Bereitung des Neutralrotagars.

Zu 100 g gewöhnlichen oder besser noch 0·5 prozentigen Nähragars werden 0·3 g Traubenzucker und 1 ccm einer kalt gesättigten wäßrigen Lösung von Neutralrot hinzugesetzt.

Typhusbazillen lassen die Farbe des Agars unverändert und bilden kein Gas, bei den Coliarten tritt Verfärbung des Agars unter Bildung eines gelbgrünen fluoreszierenden Farbstoffes und Vergärung des Traubenzuckers unter Gasbildung ein.

V. Bereitung der Lackmusmolke.

Milch wird mit der gleichen Menge Wasser verdünnt, schwach erwärmt, und dann mit so viel schwacher Salzsäure versetzt, daß alles Kaseïn ausfällt. Ein Überschuß von Salzsäure ist zu vermeiden. Abfiltrieren vom Niederschlag, das Filtrat genau mit Sodalösung neutralisieren, 1—2 Stunden im Dampf kochen, wieder filtrieren und mit Lakmustinktur versetzen, so daß die Flüssigkeit im Reagenzglas einen neutral violetten Farbenton zeigt.

Typhusbazillen bilden nur ganz wenig (höchtens 3 Prozent $^1/_{10}$ Normalsäure) Säure, Coli reichliche Mengen.

Von manchen Autoren wird statt des v. Drigalski-Conradischen Nährbodens oder neben diesem der Endosche Nährboden verwendet.

Bereitung: 1 Liter 3prozentiger Agar, neutralisiert und mit 10 ccm 10prozentiger Sodalösung alkalisiert, wird versetzt mit 10 g chemisch reinem Milchzucker und 5 ccm gesättigter alkoholischer filtrierter Fuchsinlösung; dann mit 25 ccm frisch bereiteter 10prozentiger Natriumsulfitlösung. Aufbewahrung des heiß rosa gefärbten, kalt ganz oder fast farblosen Nährbodens im Dunkeln. Ausgießen und Besäen wie bei Drigalski-Nährboden.

Besichtigung nach 20—24 Stunden bei 37°. Typhus- und Paratyphus kolonien farblos, Colikolonien intensiv rot gefärbt.

Nach Löffler empfiehlt sich besonders folgendes Verfahren:

Zunächst Züchtung auf Bouillonnutroseagar mit Zusatz von 3 Prozent Rindergalle und 1·9 Prozent einer 0·2 prozentigen Lösung von „Malachitgrün cryst. chem. rein (Höchst)“. Typhuskolonien nach 20—24 Stunden kleine matte Fleckchen, mikroskopisch von eigenartig geschnörkeltem Wachstum mit ausgesprochener Furchenbildung. Colikolonien spärlich und kümmerlich gewachsen.

Darauf Überimpfen der verdächtigen Kolonien in kleine Röhrchen mit je 3 ccm „Typhuslösung I“ (Nutrose 1 Prozent; Pepton 2 Prozent; Traubenzucker 1 Prozent; Milchzucker 5 Prozent; Malachitgrün 120 Höchst, 2prozentige Lösung, 3 Prozent; Normalkalilauge 1·6 Prozent). In dieser Lösung tritt nach ca. 20 Stunden durch Typhusbazillen Gerinnung auf. Endgültige Bestätigung durch Prüfung der aus dem Röhrchen gewonnenen Reinkultur mit Agglutination usw.

Bei Paratyphusverdacht werden die verdächtigen Kolonien in „Paratyphuslösung“ gebracht (Nutrose, Pepton, Milchzucker wie oben; 1·5 Prozent Normalkalilauge und 3 ccm einer 2prozentigen Malachitgrün 120-Lösung). Paratyphus bewirkt keine Gärung, aber allmähliche Entfärbung (helles Gelb); Coli vergärt, Typhus läßt unverändert. Endgültige Differenzierung mittels spezifischer Sera.

2. *Bazilläre Dysenterie.*

a) Schleimflöckchen aus Fäzes sind mikroskopisch zu untersuchen (s. S. 644) und auf DRIGALSKI-Nährboden auszustreichen wie oben. Kolonien typhusähnlich; zu übertragen in Lackmusnutrose-Mannit-Agar (wie DRIGALSKI-Agar hergestellt, nur statt des Milchzuckers Mannit, ferner kein Kristallviolett). Durch Ruhrbazillen in den oberen Schichten unverändert, in den tieferen entfärbt; andere Bakterien färben rot oder blau. — Im mikroskopischen Präparat von der Kultur unbeweglich, nur Molekularbewegung, keine Geißeln. — Agglutination durch spezifisches Serum.

b) Blutserum der Kranken wird auf Agglutiningehalt untersucht wie bei Typhus. 1 : 50 gilt als positiv. Erst in späteren Krankheitsstadien anwendbar.

Typus FLEXNER rötet Lackmus-Mannit-Agar in 24—48 Stunden. Agglutination nur durch FLEXNER-Serum. Agglutiningehalt im Serum Kranker bei 1 : 100 positiv.

3. *Cholera.*[1]

Anweisung zur Entnahme und Versendung choleraverdächtiger Untersuchungsobjekte.

A. Entnahme des Materials.

a) Vom Lebenden.

Etwa 50 ccm der Ausleerungen[2] werden ohne Zusatz eines Desinfektionsmittels oder auch nur von Wasser aufgefangen. Ferner wird auf eine Anzahl Deckgläschen — von jeder Probe 6 — je ein kleines Tröpfchen der Ausleerungen, womöglich ein Schleimflöckchen, gebracht, mit einer Skalpellspitze fein verteilt und dann mit der bestrichenen Seite nach oben zum Trocknen hingelegt (Ausstrichpräparate). Endlich empfiehlt es sich, gleich an Ort und Stelle drei schräg erstarrte Agarröhrchen (ein Original und zwei Verdünnungen) mit einer Öse des Darminhalts oberflächlich zu impfen und mitzusenden. Die hierzu erforderlichen Agarröhrchen sind von der nächsten Untersuchungsstelle zu beziehen.

Frisch mit Ausleerung beschmutzte Wäschestücke werden wie Proben von Ausleerungen behandelt.

Handelt es sich um nachträgliche Feststellung eines abgelaufenen choleraverdächtigen Falles, so kann diese durch Untersuchung einer Blutprobe vermittels des PFEIFFERschen Versuchs und der Agglutinationsprobe geschehen. Man entnimmt mindestens 3 ccm Blut durch Venenpunktion am Vorderarm oder mittelst keimfreien Schröpfkopfes und sendet es in einem keimfreien zugeschmolzenen Reagenzglas ein. Scheidet sich das Serum rasch ab, so kann zur besseren Haltbarmachung Phenol im Verhältnisse von 1 : 200 hinzugesetzt werden: z. B. 0·1 ccm einer 5prozentigen Lösung von Karbolsäure auf 0·9 ccm Serum.

b) Von der Leiche.

Die Öffnung der Leiche ist sobald als möglich nach dem Tode auszuführen und in der Regel auf die Eröffnung der Bauchhöhle und Herausnahme von drei Dünndarmschlingen zu beschränken. Zu entnehmen und einzusenden

[1] Aus der „Anweisung des Bundesrates zur Bekämpfung der Cholera“.

[2] Ist keine freiwillige Stuhlentleerung zu erhalten, so gelingt es in der Regel, sie durch Einführung von Glyzerin zu bewirken.

sind drei doppelt unterbundene 15 cm lange Stücke, und zwar aus dem mittleren Teile des Ileum, etwa 2 cm oberhalb sowie unmittelbar oberhalb der Ileocökalklappe. Besonders wertvoll ist das letztbezeichnete Stück, welches daher bei der Sendung niemals fehlen sollte.

B. Auswahl und Behandlung der zur Aufnahme des Materials bestimmten Gefäße.

Am geeignetsten sind starkwandige Pulvergläser mit eingeschliffenem Glasstöpsel und weitem Halse, in ihrer Ermangelung Gläser mit glattem zylindrischen Halse, welche mit gut passenden, frisch ausgekochten Korken zu verschließen sind.

Die Gläser müssen vor dem Gebrauche frisch ausgekocht, dürfen dagegen nicht mit einer Desinfektionsflüssigkeit ausgespült werden.

Nach der Aufnahme des Materials sind die Gläser sicher zu verschließen, der Stöpsel ist mit Pergamentpapier zu überbinden; auch ist an jedem Glase ein Zettel fest aufzukleben oder sicher anzubinden, der genaue Angaben über den Inhalt unter Bezeichnung der Person, von welcher er stammt, und über die Zeit der Entnahme (Tag und Stunde) enthält.

C. Verpackung und Versendung.

In eine Sendung dürfen immer nur Untersuchungsmaterialien von einem Kranken oder einer Leiche gepackt werden. Ein Schein ist beizulegen, auf dem anzugeben sind; die einzelnen Bestandteile der Sendung, Name, Alter, Geschlecht des Kranken oder Gestorbenen, Ort der Erkrankung, Heimats- oder Herkunftsort bei den von auswärts zugereisten Personen, Krankheitsform, Tag und Stunde der Erkrankung und zutreffendenfalls des Todes. Zum Verpacken dürfen nur feste Kisten — keine Zigarrenkisten, Pappschachteln u. dgl. — benutzt werden. Deckgläschen werden in Fließpapier eingeschlagen und mit Watte in einem leeren Deckglasschächtelchen fest verpackt. Die Gläser und Schächtelchen sind in den Kisten mittels Holzwolle, Heu, Stroh, Watte u. dgl. so zu verpacken, daß sie unbeweglich liegen und nicht aneinander stoßen.

Die Sendung muß mit starkem Bindfaden umschnürt, versiegelt und mit der deutlich geschriebenen Adresse der Untersuchungsstelle sowie mit dem Vermerke „Vorsicht“ versehen werden.

Bei Beförderung durch die Post ist die Sendung als „dringendes Paket“ aufzugeben und der Untersuchungsstelle, an welche sie gerichtet ist, telegraphisch anzukündigen.

Bei der Entnahme, Verpackung und Versendung des Materials ist jeder unnütze Zeitverlust zu vermeiden, da sonst das Ergebnis der Untersuchung in Frage gestellt wird.

D. Versendung lebender Kulturen der Choleraerreger.

Die Versendung von lebenden Kulturen der Choleraerreger erfolgt in zugeschmolzenen Glasröhren, die, umgeben von einer weichen Hülle (Filtrierpapier und Watte oder Holzwolle), in einem durch übergreifenden Deckel gut verschlossenen Blechgefäße stehen; das letztere ist seinerseits noch in einer Kiste mit Holzwolle, Heu, Stroh oder Watte zu verpacken. Es empfiehlt sich, nur frisch angelegte Agarkulturen zu versenden.

Im übrigen sind die im Abschnitte C für die Verpackung und Versendung gegebenen Vorschriften zu befolgen.

Anleitung für die bakteriologische Feststellung der Cholera.

I. Untersuchungsverfahren.

1. Mikroskopische Untersuchung
   a) von Ausstrichpräparaten (wenn möglich von Schleimflocken). Färbung mit verdünnter Karbolfuchsinlösung (1 : 9);
   b) eines hängenden Tropfens, anzulegen mit Peptonlösung, sofort und nach halbstündigem Verweilen im Brütschrank, bei 37° frisch und im gefärbten Präparate zu untersuchen.
2. Gelatineplatten.
   Menge der Aussaat eine Öse (womöglich eine Schleimflocke), zu den Verdünnungen je drei Ösen. Zwei Serien zu je drei Platten anzulegen, nach 18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 22° bei schwacher Vergrößerung zu untersuchen, Klatsch- eventuell Ausstrichpräparate und Reinkulturen herstellen.
   (Wegen Zubereitung der Gelatine s. Anhang Nr. 1.)
3. Agarplatten.[1]
   Menge der Aussaat eine Öse, mit welcher die Oberflächen von drei Platten nacheinander bestrichen werden. Zur größeren Sicherheit ist diese Aussaat doppelt anzulegen. Es kann auch statt dessen so verfahren werden, daß eine Öse des Aussaatmaterials in 5 ccm Fleischbrühe verteilt und hiervon je eine Öse auf je eine Platte übertragen wird; in diesem Falle genügen drei Platten. Nach 12—18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° zu untersuchen wie bei 6.
   (Wegen Zubereitung des Agars s. Anhang Nr. 2.)
4. Anreicherung mit Peptonlösung
   a) in Röhrchen mit je 10 ccm Inhalt. Menge der Aussaat eine Öse, Zahl der Röhrchen 6; nach 6-, 12- und 18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° mikroskopisch zu untersuchen; bei Entnahme der Probe darf das Röhrchen nicht geschüttelt werden; von einem Röhrchen, welches am meisten verdächtig ist, Cholerabakterien zu enthalten, werden für die weitere Untersuchung mit je einer von der Oberfläche der Flüssigkeit entnommenen Öse drei Peptonröhrchen geimpft und je eine Serie Gelatine- und Agarplatten angelegt. Die Peptonröhrchen sind vor der Impfung im Brütschranke bei 37° vorzuwärmen;
   b) im Kölbchen mit 50 ccm Peptonlösung. Menge der Aussaat 1 ccm Kot, Zahl der Kölbchen 1; nach 6-, 12- und 24stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° zu untersuchen wie bei a.
   (Wegen Zubereitung der Peptonlösung s. Anhang Nr. 3.)
5. Anlegen von Reinkulturen.
   Dasselbe erfolgt in der bekannten Weise, am besten von der Agarplatte aus, durch Fischen und Anlegen von Gelatinestichkulturen und Kulturen auf schräg erstarrtem Agar.
6. Prüfung der Reinkulturen
   a) durch Prüfung der Agglutinierbarkeit (s. Anhang Nr. 4);
   b) durch den Pfeifferschen Versuch (s. Anhang Nr. 5).

---

[1] Die Agarplatten müssen, ehe sie geimpft werden, eine halbe Stunde bei 37° im Brütschranke mit der Fläche nach unten offen gehalten werden.

II. Gang der Untersuchung.

1. Bei dem ersten Krankheitsfall an einem Orte.

Es sind sämtliche Verfahren anzuwenden und zwar in folgender Reihenfolge: 1. Impfung der Peptonröhrchen, 2. Herstellung der mikroskopischen Präparate, 3. Anfertigung von Gelatine- und Agarplatten, 4. Untersuchung der mikroskopischen Präparate, 5. Herstellung von Reinkulturen, 6. Prüfung derselben vermittelst des Agglutinations- sowie des PFEIFFERschen Versuchs.

2. Bei den weiteren Krankheitsfällen ist ebenso wie bei ersten Fällen zu verfahren, jedoch sind statt sechs nur drei Peptonröhrchen, statt je zwei nur je eine Serie der Gelatine- und Agarplatten, statt letzterer eventuell auch Röhrchen mit schräg erstarrtem Agar zu impfen. Prüfung der verdächtigen Kolonien vermittelst des Agglutinationsversuchs.

3. Bei Ansteckungsverdächtigen und bei Genesenen.

Die mikroskopische Untersuchung fällt fort, falls nicht die Ausleerungen choleraartig sind. Statt der sechs Peptonröhrchen ein Peptonkölbchen (s. I. 4b). Von da aus Anlegen je einer Serie Gelatine- und Agarplatten. Prüfung der verdächtigen Kolonien vermittelst des Agglutinationsversuchs. Sonst wie bei 2.

4. Wasseruntersuchung.

Mindestens 1 Liter des zu untersuchenden Wassers wird mit einem Kölbchen (100 ccm) der Peptonstammlösung versetzt und gründlich durchgeschüttelt, dann in Kölbchen zu je 100 ccm verteilt und nach 8- und 12stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° in der Weise untersucht, daß mit Tröpfchen, welche aus der obersten Schicht entnommen sind, mikroskopische Präparate, und von demjenigen Kölbchen, an dessen Oberfläche nach Ausweis des mikroskopischen Präparats die meisten Vibrionen vorhanden sind, Peptonröhrchen, Gelatine- und Agarplatten angelegt und wie bei 1 weiter untersucht werden. Zur Prüfung der Reinkulturen Agglutinations- und PFEIFFERscher Versuch.

III. Beurteilung des Befundes.[1]

Zu II. 1. (bei den ersten Krankheitsfällen).

Die Diagnose Cholera ist erst dann als sicher anzunehmen, wenn sämtliche Untersuchungsverfahren ein positives Ergebnis haben; wichtig ist namentlich eine hohe Agglutinierbarkeit (s. Anhang 4b), und der positive Ausfall des PFEIFFERschen Versuchs. Ergibt sich bei der mikroskopischen Untersuchung eine Reinkultur von Vibrionen in der charakteristischen Anordnung, und finden sich auf der Gelatineplatte Kolonien von typischem Aussehen, so kann die vorläufige Diagnose Cholera gestellt, vor Abgabe der endgültigen Diagnose muß aber das Ergebnis der ganzen Untersuchung abgewartet werden.

Zu II. 2. (bei den weiteren Krankheitsfällen).

Die Diagnose Cholera kann schon gestellt werden, wenn die mikroskopische Untersuchung, die Untersuchung der Kolonien in Gelatine und auf Agar und der Agglutinationsversuch im hängenden Tropfen positiv ausgefallen sind.

[1] In allen Fällen, in denen bei der Untersuchung der Verdacht entsteht, daß aus irgend einer Veranlassung, z. B. infolge von Zusatz eines Desinfektionsmittels, das Untersuchungsmaterial nicht einwandfrei ist, muß sofort telegraphisch neues Material eingefordert werden.

Gibt die Agglutinationsprobe im hängenden Tropfen nicht völlig einwandfreie Resultate, so ist die quantitative Bestimmung der Agglutinierbarkeit vorzunehmen, sobald eine Reinkultur von der verdächtigen Kolonie gewonnen worden ist.

Zu II. 3. (bei Ansteckungsverdächtigen und bei Genesenen).

Cholera ist bei Ansteckungsverdächtigen als nicht vorhanden anzusehen, wenn bei zwei, durch einen Tag voneinander getrennten Untersuchungen des Stuhlganges keine Cholerabakterien gefunden worden sind.

Genesene sind als nicht mehr ansteckungsfähig anzusehen, wenn dieselbe Untersuchung an drei, durch je einen Tag getrennten Tagen negativ ausgefallen ist.

Zu II. 4. (Wasser).

Etwa im Wasser nachgewiesene Vibrionen sind nur dann als Cholerabakterien anzusprechen, wenn die Agglutinierbarkeit eine entsprechende Höhe hat und der Pfeifferсche Versuch positiv ausgefallen ist.

IV. Feststellung abgelaufener Cholerafälle.

Abgelaufene choleraverdächtige Krankheitsfälle lassen sich feststellen durch Untersuchung des Blutserums der Erkrankten. Aus dem vermittelst Schröpfkopfs oder Venenpunktion am Vorderarme gewonnenen Blute stellt man mindestens 1 ccm Serum her und macht damit verschiedene abgestufte Verdünnungen mit 0·8 Prozent Kochsalzlösung behufs Prüfung auf agglutinierende Eigenschaften gegenüber einer bekannten frischen Cholerakultur und behufs Anstellung des Pfeifferschen Versuchs (s. Anhang Nr. 5).

Anhang.

1. Bereitung der Gelatine.
   a) Herstellung von Fleischwasserpeptonbrühe: $^1/_2$ kg in Stücken gekauftes und im Laboratorium zerkleinertes fettfreies Rindfleisch wird mit 1 Liter Wasser angesetzt, 24 Stunden lang in der Kälte oder 1 Stunde lang bei 37° digeriert und durch ein Seihtuch gepreßt. Von diesem Fleischwasser wird 1 Liter mit 10 g Peptonum siccum Witte und 5 g Kochsalz versetzt, $^1/_2$ Stunde lang gekocht, mit Sodalösung alkalisch gemacht, $^3/_4$ Stunde lang gekocht und filtriert.
   b) Herstellung der Gelatine: Zu 1 Liter Fleischwasserpeptonbrühe werden 100 g Gelatine gesetzt, bei gelinder Wärme gelöst, alkalisch gemacht — die erforderliche Alkaleszenz wird erreicht, wenn nach Herstellung des Lackmusneutralpunkts auf 100 ccm Gelatine, 3 ccm einer 10prozentigen Lösung von kristallisiertem kohlensaurem Natrium zugesetzt werden —, $^3/_4$ Stunden lang in strömendem Dampfe erhitzt und filtriert.
2. Bereitung des Agars.
   a) Herstellung von Fleischwasserpeptonbrühe: Wie zu 1a.
   b) Herstellung des Agars: Zu 1 Liter Fleischwasserpeptonbrühe werden 30 g Agar hinzugesetzt, alkalisiert wie bei 1b, entsprechend lange gekocht und filtriert.
3. Bereitung der Peptonlösung.
   a) Herstellung der Stammlösung: In 1 Liter destilliertem sterilisiertem Wasser werden 100 g Peptonum siccum Witte, 100 g Kochsalz, 1 g Kaliumnitrat und 2 g kristallisiertes kohlensaures Natrium in der Wärme gelöst, die Lösung wird filtriert, in Kölbchen zu je 100 ccm abgefüllt und sterilisiert.

b) Herstellung der Peptonlösung: Von der vorstehenden Stammlösung wird eine Verdünnung von 1 + 9 Wasser hergestellt und zu je 10 ccm in Röhrchen und zu je 50 ccm in Kölbchen abgefüllt und sterilisiert.

4. Agglutinationsversuch

a) im hängenden Tropfen bei schwacher Vergrößerung. Est ist die untere Verdünnung des Serums mit 0·8 prozentiger (behufs völliger Klärung zweimal durch gehärtete Filter filtrierter) Kochsalzlösung zu benutzen, bei welcher die Testkultur augenblicklich zur Haufenbildung gebracht wird, und im zweiten Tropfen das Fünffache dieser Dosis.[1]

Es muß mit dem spezifischen Serum in diesen beiden Konzentrationen sofort, spätestens aber während der nächsten 20 Minuten nach Aufbewahrung im Brutschranke bei 37° deutliche Häufchenbildung eintreten. Zur Kontrolle ist von den zu prüfenden Bakterien ein hängender Tropfen mit einer zehnmal so starken Konzentration von normalem Serum derselben Tierart, von welcher das Testserum stammt, herzustellen und zu untersuchen. Bei diesem Untersuchungsverfahren ist zu berücksichtigen, daß es Vibrionenarten gibt, welche sich im hängenden Tropfen so schwer verreiben lassen, daß leicht Häufchenbildung vorgetäuscht wird.

b) Quantitative Bestimmung der Agglutinierbarkeit. Mit dem Testserum werden durch Vermischen mit 0·8 Prozent (behufs völliger Klärung zweimal durch gehärtete Filter filtrierter) Kochsalzlösung Verdünnungen im Verhältnisse von 1 : 50, 1 : 100, 1 : 500, 1 : 1000 und 1 : 2000 hergestellt. Von diesen Verdünnungen wird je 1 ccm in Reagenzröhrchen gefüllt und je eine Öse der zu prüfenden Agarkultur darin verrieben und durch Schütteln gleichmäßig verteilt. Nach einstündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° werden die Röhrchen herausgenommen und besichtigt, und zwar am besten so, daß man sie schräg hält und von unten nach oben mit dem von der Zimmerdecke zurückgeworfenen Tageslichte bei schwacher Lupenvergrößerung betrachtet. Der Ausfall des Versuchs ist nur dann als beweisend anzusehen, wenn unzweifelhafte Haufenbildung (Agglutination) in einer regelrechten Stufenfolge bis annähernd zur Grenze des Titers erfolgt ist.

Bei jeder Untersuchung müssen Kontrollversuche angestellt werden, und zwar:

1. mit der verdächtigen Kultur und mit normalem Serum derselben Tierart, aber in 10 fach stärkerer Konzentration;
2. mit derselben Kultur und mit der Verdünnungsflüssigkeit;
3. mit einer bekannten Cholerakultur von gleichem Alter wie die zu untersuchende Kultur, und mit dem Testserum.

Bei Anstellung der Agglutinationsproben mit sehr jungen, wenige Stunden alten, frisch aus dem Körper gezüchteten Cholerakulturen tritt in der 0·8 prozentigen Kochsalzlösung auch ohne Zusatz von spezifischem Serum unter Umständen eine sogenannte Pseudo-Agglutination ein. In solchen Fallen ist die

---

[1] Kaninchenserum muß mindestens einen Agglutinationstiter von 1 : 2000, Pferdeserum einen solchen von 1 : 5000 haben. Die für die vorläufige Agglutinationsprobe in Frage kommenden Konzentrationen werden auf den Röhrchen bei der Abgabe von seiten des Instituts für Infektionskrankheiten vermerkt.

Falls Trockenserum benutzt wird, ist dieses für jeden Tag der Untersuchung aus neuen Röhrchen zu entnehmen.

Probe mit der Kultur zu wiederholen, nachdem sie im ganzen mindestens 15 Stunden bei 37° gestanden hatte.

5. PFEIFFERscher Versuch. Für die Anstellung des PFEIFFERschen Versuchs ist Kaninchenserum zu benutzen. Die in folgendem gemachten Zahlenangaben beziehen sich nur auf dieses Serum. Dasselbe muß möglichst hochwertig sein, mindestens sollen 0·0002 g des Serums genügen, um bei Injektion von einer Mischung einer Öse (1 Öse = 2 mg) einer 18 stündigen Choleraagarkultur von konstanter Virulenz und 1 ccm Nährbouillon die Cholerabakterien innerhalb einer Stunde in der Bauchhöhle des Meerschweinchens zur Auflösung unter Körnchenbildung zu bringen, d. h. das Serum muß mindestens einen Titer von 1 : 5000 haben.

Zur Ausführung des PFEIFFERschen Versuchs sind vier Meerschweinchen von je 200 g Gewicht erforderlich.

Tier A erhält das 5 fache der Titerdosis, also 1 mg von einem Serum mit Titer 1 : 5000.

Tier B erhält das 10 fache der Titerdosis, also 2 mg von einem Serum mit Titer 1 : 5000.

Tier C dient als Kontrolltier und erhält das 50 fache der Titerdosis, also 10 mg vom normalen Serum derselben Tierart, von welcher das bei Tier A und B benutzte Serum stammt.

Sämtliche Tiere erhalten diese Serumdosen gemischt mit je einer Öse der zu untersuchenden, 18 Stunden bei 37° auf Agar gezüchteten Kultur in 1 ccm Fleischbrühe (nicht in Kochsalz- oder Peptonlösung) in die Bauchhöhle eingespritzt.

Tier D erhält nur eine Öse der zu untersuchenden Kultur in die Bauchhöhle zum Nachweis, ob die Kultur für Meerschweinchen virulent ist.

Zur Einspritzung benutzt man eine Hohlnadel mit abgestumpfter Spitze. Die Einspritzung in die Bauchhöhle geschieht nach Durchschneidung der äußeren Haut; es kann dann mit Leichtigkeit die Hohlnadel in den Bauchraum eingestoßen werden. Die Entnahme der Peritonealflüssigkeit zur mikroskopischen Untersuchung im hängenden Tropfen erfolgt vermittelst Haarröhrchen gleichfalls an dieser Stelle. Die Betrachtung der Flüssigkeit geschieht im hängenden Tropfen bei starker Vergrößerung, und zwar sofort nach der Einspritzung, 20 Minuten und 1 Stunde nach derselben.

Bei Tier A und B muß nach 20 Minuten, spätestens nach 1 Stunde typische Körnchenbildung oder Auflösung der Vibrionen erfolgt sein, während bei Tier C und D eine große Menge lebhaft beweglicher oder in ihrer Form gut erhaltener Vibrionen vorhanden sein muß. Damit ist die Diagnose gesichert.

Behufs Feststellung abgelaufener Cholerafälle ist der PFEIFFERsche Versuch in folgender Weise anzustellen:

Es werden Verdünnungen des Serums des verdächtigen Menschen mit 20, 100 und 500 Teilen der Fleischbrühe hergestellt, und davon je 1 ccm mit je einer Öse einer 18 stündigen Agarkultur virulenter Choleravibrionen vermischt, je einem Meerschweinchen von 200 g Gewicht in die Bauchhöhle eingespritzt. Ein Kontrolltier erhält eine Öse der gleichen Kultur ohne Serum in 1 ccm Fleischbrühe aufgeschwemmt in die Bauchhöhle eingespritzt.

Bei positivem Ausfalle der Reaktion nach 20 bezw. 60 Minuten ist anzunehmen, daß der betreffende Mensch, von welchem das Serum stammt, die Cholera überstanden hat.

4. *Pest.*[1]

Anleitung für die bakteriologische Feststellung der Pestfälle.

I. Gewinnung des zur Untersuchung geeigneten Materials.

A. Vom Lebenden.

1. Aus erkrankten Drüsen:
   a) frischer Bubo:
      Gewinnung von Gewebssaft durch breiten Einschnitt (unter antiseptischen Kautelen) oder durch Punktion mittels PRAVAZscher Spritze;
   b) vereiterter Bubo:
      Gewinnung des Eiters wie bei a.

Anmerkung zu 1. Es muß dem einzelnen überlassen werden, die Schwierigkeiten, welche sich etwa bezüglich der unter a) genannten Eingriffe ergeben, im Einvernehmen mit dem behandelnden Arzte zu überwinden. Die breite Öffnung frisch entzündeter Drüsen ist grade bei der Pest von englischen Ärzten mit gutem Erfolge angewendet worden. Es tritt danach eine sofortige Linderung der heftigen Schmerzen ein. Das Auftreten einer Blutinfektion ist nach den indischen Erfahrungen bei zweckentsprechender Antiseptik nicht zu befürchten.

Es ist von großem Werte, die Untersuchung von Saft frisch erkrankter Drüsen vorzunehmen, da in vereiterten Bubonen die Pestbazillen nur noch selten nachzuweisen sind — am besten noch durch das Kulturverfahren (Agar und Gelatine) und den Tierversuch.

2. Blut:
   Gewinnung durch Stich mit sterilisierter Lanzette in die vorher mit Seife, Alkohol und Äther gereinigte Haut (Fingerspitze, Ohrläppchen usw.).
   Größere Mengen von Blut zur Gewinnung von Serum für die Agglutinationsprobe (zwecks Feststellung überstandener Pest) werden durch Venenpunktion am Vorderarm oder sterilen Schröpfkopf gewonnen.

Anmerkung zu 2. Die mikroskopische Untersuchung des Blutes genügt nur in seltenen Ausnahmefällen zur Diagnosestellung. Die Entnahme von Blutproben zur kulturellen Untersuchung ist mit Rücksicht auf den wechselnden Gehalt des Blutes an Pestkeimen mehrmals, wenn möglich auch an verschiedenen Tagen, zu wiederholen.

3. Von erkrankten Hautstellen: primäre Pestpustel, Furunkel, pustulöses Exanthem.
   Gewinnung des Inhalts mittels Glaskapillaren, Platinöse, schmalen Platinspatels, Messerspitze oder dergl.
4. Ausscheidungen:
   Auswurf bei primärer Lungenpest, Pneumonie und terminalem Lungenödem schwerer Septikämien;
   bei krankhaften Zuständen der Rachenorgane Abstriche von der Oberfläche der Schleimhaut;
   Harn.

Anmerkung zu 4. Die Untersuchung des Harns ist nicht zu vernachlässigen, wenn kein anderes Untersuchungsmaterial erhältlich ist.

[1] Aus der „Anweisung des Bundesrats zur Bekämpfung der Pest“ 1905.

B. Von der Leiche.

Vorbemerkung. Die Sektion hat zu geschehen, während die Leiche im abgedichteten Sarge liegt. Jede Verunreinigung der Umgebung durch Gewebsflüssigkeit ist sorgfältig zu vermeiden.

Eine vollständige Sektion ist besonders bei den ersten Fällen in einer Ortschaft möglichst zu umgehen. Am besten wird zunächst an Ort und Stelle eine mikroskopische Untersuchung von Drüsen- oder Milz- oder Lungensaft ausgeführt. Sobald Pestbazillen in erkrankten Drüsen oder in der Milz oder in der Lunge mikroskopisch nachgewiesen sind, ist möglichst auf die weitere Sektion zu verzichten.

Falls die mikroskopische Untersuchung der genannten Organe an Ort und Stelle keine sicheren Anhaltspunkte für Pest ergeben hat, ist die vollständige Sektion auszuführen und dabei besonders auf das Verhalten der Rachenorgane sowie aller, auch der versteckt liegenden Drüsengruppen, ferner auf das Vorhandensein von Blutungen (besonders in der Schleimhaut des Verdauungskanals und in den serösen Überzügen des Herzens), eventuell auch auf das Bestehen einer Hirnhautentzünduug zu achten. Es empfiehlt sich, auch eine bakteriologische Untersuchung der Galle in diesen Fällen vorzunehmen.

In jedem Falle werden Organe zur weiteren Verarbeitung mittels des Kulturverfahrens bezw. Tierversuchs in gut verschlossenen Gefäßen mitgenommen, ebenso kleine Organstückchen in Alkohol oder Sublimatalkohol.

Nach vollendeter Sektion ist der Sarg in Gegenwart des Obduzenten sofort zu verschließen, etwa verspritzte Gewebsflüssigkeit durch verdünntes Kresolwasser (Desinfektionsanweisung I a 1) unschädlich zu machen, und sind die zur Sektion benutzten Instrumente durch Auskochen zu reinigen, Tücher, Schwämme usw. zu desinfizieren, wenn wertlos, oder, zu vernichten.

1. Aus Mund und Nase hervorgequollene Flüssigkeit.
2. Pusteln und Furunkel der Haut.
3. Drüsensaft, Drüseneiter oder Odemflüssigkeit aus der Umgebung der Drüse, Drüsenstückchen.

Zu gewinnen durch Einschnitt in erkrankte Drüsenpakete, vorzugsweise solche, welche starke entzündliche Durchtränkung des umgebenden Bindegewebes zeigen. Besonders zu achten ist auf blutig infiltrierte Drüsen.

Anmerkung zu 3. In Betracht kommen in erster Linie die Drüsen am Oberschenkel und in der Leistengegend, der Achselhöhle, der Unterkiefer- und Nackengegend sowie des Beckens; unter Umständen sind auch die Gekröse- und Bronchialdrüsen, sowie alle übrigen Drüsengruppen zu untersuchen.

4. Herzblut.
5. Lunge.

Abstrich von der Schnittfläche bei ödematöser oder pneumonisch infiltrierter Lunge; Inhalt der Luftröhre und ihrer Verzweigungen; Lungenstückchen.

6. Milz.

Abstrich von der Schnittfläche; Milzsaft; Milzstückchen.

7. Gehirn.

Krankhaft veränderte Stellen des Hirns und seiner Häute.

8. Herdförmige Erkrankungen der inneren Organe (metastatische Abszesse, Infarkte, Blutungen usw.).

II. Gang der Untersuchung.

Bei jeder Untersuchung auf Pest ist außer der Untersuchung durch das Mikroskop und der Kultur auf Agar und Gelatine möglichst stets der Tierversuch heranzuziehen. Derselbe ist unerläßlich, wenn es sich um die Feststellung des ersten Falles in einer Ortschaft handelt.

A. Mikroskopische Untersuchung.

Von dem zu untersuchenden Materiale sind zunächst reichlich Deckglaspräparate anzufertigen. Ein Teil derselben wird unfixiert und ungefärbt in einem Deckglasschächtelchen aufbewahrt, um bei etwaiger Nachprüfung des Untersuchungsergebnisses benutzt zu werden. Die anderen Ausstriche werden nach einer der folgenden Färbungsmethoden behandelt und ebenfalls für spätere Nachprüfung aufgehoben.

Färbung:

Mit Methylenblau — alkalisches M. nach Löffler, Boraxmethylenblau (5 Prozent Borax, 2 Prozent Methylenblau in Wasser) —, verdünnter Ziehlscher Lösung, Gentianaviolett.

Charakteristische Polfärbung:

Trockenpräparate 25 Minuten in absolutem Alkohol oder für wenige Sekunden in einer Mischung von Äther und Alkohol zu gleichen Teilen härten, dann mit einem der genannten Farbstoffe färben.

B. Kultur.

1. Fleischwasseragar (0·5 Prozent Kochsalz, 1 Prozent Pepton):

Schwach alkalisch, nicht zu trocken, zu Platten ausgegossen oder in weiten Reagenzgläsern schräg erstarrt; Temperaturoptimum etwa 30°.

Anzuwenden bei Blut und anderem möglichst reinen Untersuchungsmateriale.

2. Blutserum nach Löffler:

Rinderserum mit dem 4. oder 5. Teile einer 1 Prozent Traubenzucker enthaltenden alkalisierten Peptonbouillon, in weiten Röhrchen schräg oder in Platten erstarrt.

Anzuwenden wie Agar.

3. Fleischwassergelatine (0·5 Prozent Kochsalz, 1 Prozent Pepton):

Schwach alkalisch, Platten gießen oder Ausstrich auf der Oberfläche der erstarrten Platte.

Anwendung in jedem Falle erforderlich, besonders wertvoll bei Material, das mikroskopisch andere Bakterien neben Pestbazillen enthält, z. B. Sputum, Urin, Kot, Leichenteile.

Bei stark verunreinigtem Material ist die Züchtung auf Gelatine bei niederer Temperatur (Eisschrank) zu versuchen.

Aus den Originalausstrichen sind die Pestbazillen rein zu züchten und Reinkulturen derselben auf Agar oder Löfflerschem Blutserum zur Nachprüfung aufzubewahren.

Zur genaueren Bestimmung einer auf den unter 1—3 genannten Nährböden aus verdächtigem Materiale gezüchteten Kultur dient Prüfung auf Beweglichkeit (unbeweglich), Färbung nach Gram (Entfärbung), Züchtung auf Agar mit 3 Prozent Kochsalzgehalt (zur Darstellung der Involutions- und Degenerationsformen), in schwach alkalischer Bouillon (zur Darstellung der Ketten), eventuell Gärungsprobe (keine Gasentwickelung); Tierversuch siehe C; Agglutinationsprobe siehe D.

C. Tierversuch

(nur in den vorschriftsmäßig eingerichteten Pestlaboratorien vorzunehmen).

1. **Zur Erleichterung der Diagnose:**

Impfung von Ratten. Die Impfung geschieht durch Einspritzung von Gewebssaft unter die Haut oder Einbringung eines Stückchens des verdächtigen Materials in eine Hauttasche unter antiseptischen Kautelen. Bei stark verunreinigtem Ausgangsmaterial ist daneben die Verimpfung auf die unverletzte Konjunktiva und die Verfütterung vorzunehmen.

Neben den Ratten können auch Meerschweinchen benutzt werden. Die Impfung derselben geschieht am besten durch Einreiben des zu untersuchenden Materials auf die rasierte Bauchhaut.

2. **Zur Bestimmung einer aus verdächtigem Material gezüchteten Reinkultur:**

Impfung von Ratten.

Die Versuchstiere sind am zweckmäßigsten in hohen, in Wasserdampf sterilisierbaren Glasgefäßen mit Drahtumhüllung und fest anschließendem Drahtdeckel mit Watteabschluß unterzubringen. Die Kadaver sind durch Verbrennen oder Auflösen in konzentrierter Schwefelsäure zu vernichten, bezw. durch längere Einwirkung von Wasserdampf sicher unschädlich zu machen, die infizierten Käfige mit den Streumaterialien und Futterresten durch Wasserdampf zu sterilisieren.

Die verendeten Tiere sind unter Beobachtung peinlicher Vorsichtsmaßregeln gegen Verspritzen des Materials zu sezieren. Blut, Milz, Drüsensaft, Peritonealexsudat sind mikroskopisch und kulturell zu untersuchen.

D. Agglutinationsprobe.

1. **Zur Bestimmung einer gezüchteten Kultur:**

Wirksames Serum immunisierter Tiere wird in den entsprechenden Verdünnungen zu einer frisch bereiteten, möglichst homogenen Aufschwemmung zweitägiger Agarkulturen in Bouillon oder Kochsalzlösung hinzugefügt. Die Beobachtung der eintretenden Agglutination erfolgt am besten in kleinen Reagenzgläschen mit Hilfe der Lupe. Es empfiehlt sich, die Probe mit dem Serum gut durchzuschütteln und dann bei Brüttemperatur $^1/_2$ Stunde lang ruhig stehen zu lassen. Positiver Ausfall der Reaktion — an dem Auftreten zu Boden sinkender Flöckchen mit Klärung der überstehenden Flüssigkeit erkennbar — spricht mit größter Wahrscheinlichkeit für Pestbazillen.

2. **Zur Prüfung des Blutserums eines unter verdächtigen Erscheinungen erkrankt gewesenen Menschen:**

In Verdünnung des Serums 1 : 1, 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, in 0·6 prozentiger Kochsalzlösung wird je eine Öse einer zweitägigen Agarkultur von Pestbazillen auf 1 ccm der Serummischung gut verteilt und gut umgeschüttelt. Die so hergestellten Proben werden, wie bei 1 angegeben, weiter behandelt. Tritt makroskopisch sichtbare Agglutination auf, so handelt es sich mit größter Wahrscheinlichkeit um einen abgelaufenen, in Rekonvaleszenz befindlichen Pestfall. Ein negativer Ausfall der Probe spricht nicht gegen die Diagnose Pest.

5. *Genickstarre.*

1. Mikroskopische Diagnose.

Ausstrichpräparate von Lumbalpunktionsflüssigkeit, womöglich von eiterigen Flöckchen, event. nach Zentrifugieren. Färbung mit Löfflers Methylenblau und nach Gram.

Die Meningokokken liegen zum größten Teil in den Leukozyten und sind streng gramnegativ. — In Fällen von epidemischer Genickstarre kommt zuweilen neben dem Meningococcus, bei nicht epidemischer Genickstarre auch allein, der Diplococcus crassus in den Ausstrichpräparaten aus Lumbalflüssigkeit vor. Er ist plumper, größer und runder, ferner grampositiv (nur vereinzelte Exemplare können gramnegativ sein).

Ausstrichpräparate von Rachenschleim sind meist zwecklos; keinesfalls liefern sie entscheidende Resultate.

2. Züchtung.

Der beste Nährboden ist Ascites-Agar; ein Teil Ascites vom Menschen (steril aufgefangen oder durch BERKEFELD-Filter filtriert) und 2 Teile 3 prozentiger Nähragar.

Der Nährboden wird in PETRI-Schalen ausgegossen. Das zu untersuchende Material (Lumbalflüssigkeit oder Rachenschleim) wird auf der Platte ausgestrichen. Die Untersuchung, besonders des Rachenschleims, muß möglichst bald — wenige Stunden — nach der Entnahme geschehen. Nach 20—24 Stunden werden die gewachsenen Kolonien untersucht. Die Meningokokkenkolonien sind etwa 2—4 mm groß, kreisrund, hell durchscheinend, schleierartig; bei schwacher Vergrößerung erscheinen die tiefliegenden oval, gelbbraun, grob granuliert, die oberflächlichen fast strukturlos feinkörnig, glattrandig, leicht gelblich, mit nicht wesentlich dunklerem Zentrum. (Die Kolonien des Dipl. crassus sind kleiner, weißgrau, kompakter, bei schwacher Vergrößerung braun, granuliert.) Im Ausstrichpräparat liegen die rein gezüchteten Kokken häufig zu vieren und sind von etwas unregelmäßiger Größe und Färbbarkeit; auch in den Reinkulturen sind sie dauernd streng gramnegativ.

Verwechselung ist möglich mit verschiedenen sogenannten „Pseudomeningokokken", die sich aber häufig durch Wachstum bei Zimmertemperatur und durch ausgesprochen gelbe Farbe unterscheiden. In den meisten Fällen, besonders wenn die Kokken aus dem Rachenschleim gezüchtet sind, ist die Agglutinationsprobe mit Meningokokkenserum (zu beziehen von MERCK, Darmstadt oder RIEDEL, Berlin) notwendig. Ausführung wie bei Cholera und Typhus, nur werden die Röhrchen erst nach 24 Stunden bei 37° beobachtet. Positiver Grenzwert 1:50, jedoch vom Titer des Serums abhängig. Viele Pseudomeningokokken agglutinieren spontan in Kochsalzlösung. Kontrolle des verdächtigen Stammes mit Kochsalzlösung, möglichst auch mit normalem Serum, sowie Kontrolle des Serums mit einem zweifellosen Meningokokkenstamm ist deshalb unerläßlich.

3. Untersuchung des Bluts auf Agglutinine.

Ausführung genau wie bei Typhus, nur daß auch hier die Proben 12 bis 24 Stunden bei 37° gehalten werden müssen. Benutzt man frische Aufschwemmung einer 24stündigen Agarkultur, so liefert normales Serum — das stets zum Vergleich herangezogen werden muß — höchstens in Verdünnung 1 : 5 (unvollständige) Agglutination. Aufschwemmungen in 0·9prozentiger Kochsalzlösung mit 0·25 Prozent Formalinzusatz (nach v. LINGELSHEIM) verhalten sich von 4 Wochen ab konstant, sind aber etwa 5 mal leichter agglutinabel. Hier ist daher erst komplette Agglutination bei 1 : 25, inkomplette bei 1 : 50 als positiv anzusehen.

6. Diphtherie.

Zur Entnahme von diphtherieverdächtigem Material aus dem Rachen dient eine Stahlsonde mit festgedrehtem Wattebausch, die im Kork eines Reagenzglases steckt; man fährt mit dem Wattebausch über Mandeln und weichen Gaumen hin, steckt die Sonde sofort in das Glas, letzteres kommt in ein Holzfutteral und dieses in ein festes Kuvert, in welches zugleich die Notizen über die Entnahme gelegt werden. Die Entnahmeapparate lagern zweckmäßig in den Apotheken und werden nach der Beschickung der Untersuchungsstation übermittelt.

Reagentien zur Untersuchung: 1. Zur Färbung der mikroskopischen Präparate: a) Fuchsinlösung (s. oben), b) Reagentien zur Gramschen Färbung (s. oben), c) Reagentien zur Doppelfärbung nach M. Neisser: 1) 2 Teile Lösung a: Methylenblau, 1 g pulverförmiges Methylenblau (Meth. medicale Höchst) in 20 ccm 96prozentigem Alkohol gelöst; dazu 950 ccm Wasser und 50 ccm Eisessig; dazu 2) 1 Teil Lösung b: Kristallviolett Höchst 1·0, Alk. absol. 10·0, Aq. dest. 300·0. Ferner Chrysoïdin, 1 g in 300 ccm kochendem Wasser gelöst. Beide Lösungen filtriert. Zur Färbung wird das Präparat zuerst 1—3 Sekunden in die Methylenblau-Kristallviolettlösung getaucht, dann Abspülen mit Wasser, sofort Aufgießen der Chrysoïdinlösung für 3—5 Sekunden, wieder Abspülen mit Wasser. Der Leib der Diphtheriebazillen erscheint schwach braun gefärbt; in demselben zeigen sich dunkelblau gefärbte ovale Körnchen, in der Regel an jedem Ende des Bazillus ein Korn, manchmal nur an einem Ende, zuweilen in der Mitte und an den Enden. (Ernstsche Körner.) Viele Kokken und einzelne Bazillen zeigen ähnliche Färbung, aber nicht Bazillen, welche den Diphtheriebazillen morphologisch ähnlich sind. Letztere geben die Doppelfärbung jedoch nur dann sicher, wenn sie auf Löfflerschem Serum bei 35° mindestens 9 Stunden und nicht länger als 24 Stunden gezüchtet sind.

2. Zur Kultur: Petri-Schalen (Platten) mit erstarrter Löfflerscher Serummischung (3 Teile Rinderserum + 1 Teil Dextrosepeptonbouillon).

Verfahren bei der Untersuchung: Mit dem Wattebausch werden 6—8 Striche auf einer Serumplatte gemacht; diese bei 34—35° gehalten. Sodann werden Deckgläser bestrichen und gefärbt. Finden sich zahlreichere charakteristisch geformte und gelagerte Bazillen und fällt die Gram- und Doppelfärbung bei einem Teil der Bazillen positiv aus, so läßt sich schon aus dem Präparat die Diagnose auf Diphtherie stellen. Sind nur vereinzelte verdächtige Bazillen vorhanden, so ist es besser, das Resultat der Kultur abzuwarten.

Die Serumplatten sind nach 6—8 Stunden durch Klatschpräparate mit Fuchsin- und Gramfärbung zu untersuchen. Häufchen typischer Bazillen gestatten sichere positive Diagnose; nur bei Entnahmen von der Konjunktiva oder von Nasen- und Ohrenerkrankungen ist einer Verwechslung mit ähnlichen Bazillen dadurch vorzubeugen, daß nach ca. 18stündiger Kultur Ausstrichpräparate mit Doppelfärbung gemacht werden. — Findet man nach 6—8 Stunden in sechs Präparaten ausschließlich Kokken, so ist die Diagnose negativ zu stellen. Nochmalige Entnahme ist dann unter Umständen angezeigt. — Finden sich nach 6—8 Stunden vereinzelte verdächtige Bazillen, so sind die Platten nach weiterem 12stündigen Aufenthalt im Brütofen nochmals zu untersuchen, und zwar sind dann neben Klatschpräparaten auch Ausstrichpräparate anzufertigen, bei denen die Proben mehr vom Grunde der Striche entnommen sind. In diesem Stadium ist auch die Doppelfärbung zur Bestätigung heranzuziehen.

Bestehen auch jetzt noch Zweifel über die Natur der verdächtigen Bazillen, so sind sie durch Glyzerinagarplatten rein zu züchten; an der Reinkultur sind zu beachten: 1. Die Wachstumseigentümlichkeiten der Kolonie, morphologisches Verhalten der Bazillen, ihr Verhalten gegen Färbungen. 2. Die Säurebildung, Röhrchen mit je 5 ccm Fleischbouillon werden mit je einer Nadelspitze der Kultur beschickt und bei 35° gehalten; nach 20 Stunden wird ein Röhrchen, nach 44—48 Stunden ein zweites mit 1prozentiger Natronlauge unter Phenolphtaleinzusatz titriert; daneben Kontrolle mit zuverlässiger Diphtheriekultur und mit ungeimpfter Bouillon. 3. Die Tierpathogenität. Von 20stündiger Bouillonkultur wird einem Meerschweinchen von 2—300 g 0·5 Prozent seines Körpergewichts subkutan injiziert.

In den meisten Fällen wird dann auf Grund folgender Merkmale eine Trennung der wesentlich in Betracht kommenden diphtherieähnlichen Pseudo-Diphtheriebazillen (PDb) und Xerosebazillen (Xb) von den Diphtheriebazillen (Db) möglich sein.

Glyzerinagarplatte: Db nach ca. 12 Stunden kleine graulichweiße Auflagerungen, die sich später nur wenig weiter entwickeln. (S. auch S. 654.) Bazillen meist kürzer und weniger keilförmig wie auf Serum. — PDb schnellwechselnde, feuchte, weißglänzende, leicht abnehmbare Auflagerungen. Bei schwacher Vergrößerung feinkörnige, ansehnlichere Kolonien mit glatterem Rand wie Db, Bazillen regelmäßiger, meist etwas kürzer und dicker wie Db; Lagerung entweder in parellelen Reihen (Staketenform) oder in Radspeichenform. — Xb sehr langsam wachsende, trockene, schwer abnehmbare Kolonie. Lagerung und Form oft sehr Db-ähnlich.

Löfflersche Serumplatte: Db nach 6—10 Stunden kleine, weiße, schleimige Tröpfchen, oft mit graulicher Verfärbung. Bazillen in jungen Kulturen meist Keilform, in älteren Kulturen oft an den Enden verdickt oder auch längs des Leibes aufgetrieben. Lagerung oft in spitzem Winkel zu zwei (V „Fünferform") oder in wirren Häufchen, oft wie die übereinander gelegten, gespreizten Finger beider Hände. (Nach Kurth müssen unter den Fünferformen solche sein, deren einzelne Schenkel mindestens fünfmal länger als breit sind, oder unter den nicht in Fünferform gelagerten einzelnen Bazillen solche, welche siebenmal länger als breit sind.) Bei Färbung mit den gewöhnlichen Farblösungen (s. oben) neben intensiv gefärbten Stellen oft blaßgebliebene Teile. Bei genauer Innehaltung oben angeführter Bedingungen fast stets positive Doppelfärbung. — PDb rascher wachsende, feuchte Auflagerungen. Bazillen gleichmäßiger in Gestalt und Größe wie Db, erreichen nie die eben erwähnten Maße, sind demnach etwas kürzer und plumper, liegen vorzugsweise nicht in Winkel-, sondern in Staketen- und Radspeichenform. Bilden in älteren Stadien keine so großen Involutionsformen wie Db. Fast nie Doppelfärbung. — Xb sehr langsames Wachstum; matt aussehender, trockener, schwer abnehmbarer Belag. Form und Lagerung oft sehr Db-ähnlich. Aber in Serumkulturen nie in Involutionsformen und sehr selten in segmentiert zerfallenen Bazillen eine der Doppelfärbung bei Db-ähnliche Färbung von Körnchen; letztere jedenfalls viel kleiner, spärlich und rund, erst nach 20—24 Stunden auftretend.

Gelatine: Db bei 18° geringes, PDb reichliches, Xb kein Wachstum.

Bouillon: Db schnelle, bald schwächere, bald stärkere diffuse Trübung. Feiner, sandartiger Beschlag besonders an den Wänden des Gefäßes, seltener kleine Flöckchen; oft ein feines Häutchen auf der Oberfläche. Meist starke Säurebildung; die Zunahme des Alkaliverbrauchs bis zum zweiten Tage beträgt

bei Diphtherie im Mittel 0·3 ccm 1 prozentiger NaOH. — PDb schnelle, diffuse, kräftige Trübung. Massenhafter, schleimiger Bodensatz. Meist nur geringe Säurebildung, ja sogar Steigerung der Alkaleszenz. — Xb meist gar keine Trübung der Bouillon. Feine kleine Flöckchen an den Wänden und auf dem Boden des Gefäßes. Meist geringere Säurebildung wie Db, sehr selten Steigerung der Alkaleszenz.

Tierversuch: Db fast stets Tod innerhalb 2 Tagen; bei der Sektion an der Impfstelle sulziges Ödem, auf der Pleura Exsudat, Nebennieren geschwollen und hyperämisch. — PDb keine Reaktion. — Xb manchmal an der Impfstelle Infiltration und Tod der Tiere unter chronischem Marasmus nach einigen Wochen. Diphtherieantitoxinbehandlung ohne Wirkung.

7. *Tuberkulose.*

Zum Nachweis von Tuberkelbazillen in Sputum dienen folgende Methoden:

1. Originalausstrichpräparate: Das Sputum (womöglich Morgensputum) auf schwarzlackierten Tellern ausgießen und die verdächtigen gelbweißen Partikel („Linsen") auf Deckgläsern dünn verstreichen, lufttrocken werden lassen, fixieren; dann färben mit konz. Karbolfuchsin unter Erwärmen in einem Uhrschälchen oder Porzellantiegel über kleiner Flamme, bis die Farblösung zu dampfen anfängt; dann noch einige Minuten in der Farbe belassen, für einige Sekunden in salzsauren Alkohol (s. oben), darauf $^1/_2$ Minute in reinem Alkohol; wenn das Präparat noch nicht genügend farblos ist, nochmals für einige Sekunden in den salzsauren Alkohol und in Alkohol. Nachfärben mit wäßriger Methylenblaulösung (s. oben), Abspülen in Wasser, Trocknen zwischen Fließpapier, Einschluß in Kanadabalsam.

Statt der Entfärbung in salzsaurem Alkohol usw. und der Nachfärbung in Methylenblau kann man das Präparat ohne Abspülen aus der Karbolfuchsinlösung sogleich in Corallin-Methylenblau (1 Teil Corallin-Rosolsäure. 100 Teile absol. Alkohol mit 6 g Methylenblau gemischt, dazu 20 Teile Glyzerin) übertragen, 1 Minute darin bewegen (zur Entfärbung und Nachfärbung), mit Wasser abspülen, trocknen, Einschluß in Kanadabalsam. — Die Tuberkelbazillen erscheinen nach beiden Methoden rot auf blauem Grunde.

Der Nachweis von Tuberkelbazillen im Eiter, Stuhl sowie von Organstückchen (nach Zerkleinerung derselben in sterilen Mörsern) kann ganz ähnlich wie bei Sputum geführt werden. Urin sedimentiert man in Spitzgläsern oder mittels der Zentrifuge und untersucht das Sediment. Für Organstückchen kommt noch die

Schnittfärbung in Betracht. Die am besten auf dem Objektträger bereits aufgeklebten (s. oben) Schnitte werden unter vorsichtigem Erwärmen in konz. Karbolfuchsin 10 Minuten lang gefärbt, dann 3—5 Sekunden in salzsauren Alkohol getaucht, dann so lange in 60 prozentigen Alkohol, bis keine Farbe mehr abgeht. Nach vorsichtigem Trocknen mit Fließpapier wäßrige Methylenblaulösung aufträufeln und 15 Sekunden einwirken lassen, sodann auf 10—15 Sekunden in 96 prozentigen Alkohol, dann trocknen zwischen Fließpapier, Aufhellen mit Xylol, Einbetten in Kanadabalsam. — Tuberkelbazillen rot, Gewebe blau.

Gelingt der Nachweis durch Originalausstrichpräparate in Sputum (Eiter, Stuhl u. dgl.) nicht, so bewirkt man eine Konzentrierung des Materials durch das

2. Sedimentierungsverfahren. Man verdünnt das Material zur Hälfte oder mehr mit 3prozentiger Karbolsäure in einem hohen, mit eingeschliffenem Glasstopfen versehenen Meßzylinder, homogenisiert durch mehrere Minuten dauerndes, kräftiges Schütteln, bis milchige Flüssigkeit ohne gröbere Partikel entsteht. Flüssigkeit hierauf in ein Becherglas ausgießen, ca. $^1/_{10}$ reines Glyzerin zusetzen und nach tüchtigem Verrühren bis auf 100° C. im Wasserbade erhitzen, bis (meist erst nach $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde) ein Niederschlag entsteht, der oft direkt zu Deckglasausstrichen verwendbar ist. Tritt trotz längeren Kochens keine ordentliche Abscheidung ein, so setzt man noch von 3 zu 3 Minuten vorsichtig einige Tropfen 0·2prozentiger Natronlauge unter weiterem Erhitzen zu, wodurch dann meist schnell ein Niederschlag ausfällt, welcher durch Zentrifugieren der gekochten Masse, Verreiben und event. Abdampfen noch konzentriert und dann zu Ausstrichpräparaten benützt werden kann.

Gelingt auch durch die Sedimentierung der Nachweis von Tuberkelbazillen nicht, so kommen weiter in Betracht.

3. Kulturverfahren: Ausstriche von Linsen nach mehrmaligem Abwaschen in sterilem Wasser auf Glyzerinserum-, Glyzerinagarröhrchen oder auf Platten mit Hesses Nährboden (5 g Nährstoff Heyden aus der Fabrik H. in Radebeul bei Dresden in 50·0 dest. Wassers unter Umrühren lösen, dazu eine Mischung von 5·0 g Kochsalz, 30 ccm Glyzerin, 10—20 g Agar, 5 ccm Normalsodalösung und 950 dest. Wasser zusetzen und zusammen unter stetem Umrühren 15 Minuten kochen). Röhrchen und Platten durch Gummikappen und Einstellen in feuchte Kammern sorgfältig vor Austrocknung hüten. Manchmal schon nach einigen Tagen (auf Heydenagar) makroskopisch sichtbare Kolonien; von den Platten event. Klatschpräparate; meist jedoch sehr langsames Wachstum, manchmal gar kein Wachstum selbst nach Ausstrich mit sicher tuberkelbazillenhaltigem Material. Daher in wichtigsten Fällen als zuverlässigste Methode heranziehen:

4. Der Tierversuch: Meerschweinchen subkutan oder intraperitoneal mit Injektionsspritze impfen. Wenn Tuberkelbazillen vorhanden, so Tod der Tiere nach 4—8 Wochen. Inguinal-, Mesenterial- und andere Drüsen stark geschwollen und verkäst; in der stark vergrößerten Milz, in der Leber und in dem strangförmig verdickten Netz meist sehr zahlreiche, zum Teil verkäste, in der Lunge meist einige frischere Tuberkel. Zum Nachweis von Tuberkelbazillen nehme man die noch nicht verkästen Partien des tuberkulösen Gewebes.

8. *Syphilis.*

Zur Untersuchung syphilisverdächtiger Hautaffektionen auf Spirochaete pallida eignet sich am besten der aus der Tiefe stammende Gewebssaft, welchen man nach Reinigung der erodierten, nässenden Fläche mittels steriler Tupfer durch Reiben mit einem starken Platindraht, scharfen Löffel u. dgl. leicht erhält. Das erhaltene „Reizserum“ kann man untersuchen 1. ungefärbt, event. nach Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung oder Aszitesflüssigkeit, im hängenden Tropfen oder auf planem Objektträger, wobei sich, nach Umrandung des Deckglases mit Wachs oder Paraffin, die Spirochäten stundenlang beweglich halten können. Ihr Auffinden wird durch Dunkelfeldbeleuchtung wesentlich erleichtert; 2. gefärbt, in sehr dünnen, so schnell als möglich angelegten Ausstrichpräparaten, am besten nach der für Malariaplasmodien angegebenen Färbung nach Romanowsky-Giemsa; nur ist das zur Verdünnung der Farbe dienende Wasser mit einigen Tropfen einer 1 promilligen Kalium-

karbonatlösung zu versetzen und ferner die Färbedauer auf eine bis mehrere Stunden auszudehnen. In gut gelungenen Präparaten erscheinen dann die Spirochäten in zwar zarter, aber deutlicher Rotfärbung.

Durch Drüsenpunktion erhaltene Gewebsflüssigkeit wird auf gleiche Weise untersucht.

Zum Nachweis von Spirochäten in Organen ist die Methode von Levaditi besonders beeignet. Kleine Stücke werden in 10 prozentigem Formalin 24 Stunden fixiert, 24 Stunden in 96 prozentigen Alkohol gehärtet und hierauf in Wasser einige Minuten ausgewaschen. Alsdann werden sie in eine Argentum nitric.-Lösung von 1·5—3 Prozent eingelegt und darin bei 38° 3—5 Tage lang vor Licht geschützt gehalten. Danach werden sie kurz mit destilliertem Wasser ausgewaschen und auf 24—48 Stunden in eine Lösung von Acid. pyrogall. 2—4 g, Formalin 5 ccm, Aq. dest. 100 ccm gebracht; dann wiederum Abspülen in destilliertem Wasser, Entwässern in Alcohol. abs.; Einlegen in Xylol; Paraffineinbettung. Die Schnitte dürfen nicht über 5 μ dick sein. Die Spirochäten erscheinen dicker als in gefärbten Ausstrichpräparaten und sind als tiefschwarz gefärbte Gebilde zwischen den gelbbräunlichen Gewebselementen leicht aufzufinden. Nachfärbung des Gewebes (mittels Giemsa-Farbe oder Toluidinblau) ist möglich, aber nur für bestimmte Studien von Vorteil.

Die Prüfung auf Syphilis-Antikörper durch die Methode der Komplement-Fixierung s. S. 587.

9. *Blutuntersuchung bei Malaria, Trypanosen usw.*

Die Blutentnahme erfolge bei Malaria nicht während des Fieberanfalls bezw. kurz nach demselben, sondern am besten 6—12 Stunden vor dem neuen Anfall. Man macht mittels Nadel oder Impflanzette in die gereinigte Fingerkuppe einen Einstich und tupfe den ersten Tropfen Blut unverzüglich mit einem sorgfältig gereinigten Deckgläschen auf, lege dann dieses mit der Blutseite auf ein zweites und ziehe beide (nur mit Pinzetten fassen!) ohne erheblicheren Druck seitlich voneinander ab; falls beide noch mit einer dickeren Schicht bedeckt sind, wiederhole man rasch darauf die Manipulation mit neuen Deckgläschen. Die auf diese Weise mit dünner Blutschicht versehenen Deckgläschen läßt man an der Luft 10 Minuten trocknen und kann sie dann, vorsichtig in einem Deckglasschächtelchen übereinander geschichtet, bis zur Färbung verwahren. Zum Schutze vor Feuchtigkeit (bes. in den Tropen) ist es nach Kochs Vorschrift zweckmäßig, das Schächtelchen noch in Fließpapier einzuhüllen und in ein Glas mit weitem Hals und Glasstöpsel zu legen, in welchem sich einige Chlorcalciumstücke befinden. Unter solchen Vorsichtsmaßregeln bleiben die Blutausstriche wochen-, selbst jahrelang verwertbar.

Die Fixierung der Präparate geschieht (nach Kochs Empfehlung nach vorhergehendem schwachen Erwärmen des Gläschens zwischen den Fingern über einer Flamme) durch Einlegen in absoluten Alkohol oder Alkohol und Äther āā auf 10—20 Minuten. Sodann läßt man den überschüssigen Alkohol durch Hochstellen des Gläschens auf Fließpapier möglichst ablaufen und das Präparat an der Luft (nicht zwischen Fließpapier) trocken werden. Darauf Färben entweder 1. nach Manson-Koch mit Borax-Methylenblaulösung (5 Prozent Borax, 2 Prozent Methylenblau medicinale Höchst, zur Färbung so weit mit Wasser verdünnt, daß sie in einer Schicht von 1 cm Dicke eben durchscheinend wird.) Das vollkommen trockene Präparat einige Male eintauchen und mit gewöhnlichem Wasser spülen, bis es einen grünlichblauen Farbton angenommen

hat. Zwischen Fließpapier trocknen, in Zedernöl untersuchen. — Rote Blutkörperchen hellgrünblau, Leukozytenkerne dunkelblau, Plasmodien ebenfalls kräftig blau, auf den blassen Blutkörperchen sehr deutlich zu sehen. — Färbung besonders für Massenuntersuchungen geeignet. — 2. Färbung nach ROMANOWSKY-ZIEMANN: 1 prozentige Lösung von Methylenblau medic. puriss. (Höchster Farbwerke), in der durch häufiges Schütteln das Farbstoffpulver vollständig gelöst ist, mindestens 24 Stunden alt, wird mit 0·1 prozentigem in heißem Wasser gelöstem Eosin BA oder HG (Höchster Farbwerke) in kleinen Blockschälchen in gewissem Verhältnis (im allgemeinen 1:4 bis 1:7, jedoch stets für jede neue Vorratslösung neu an gewöhnlichen Blutpräparaten auszuprobieren) bei jeder Färbung frisch gemischt. Nach dem Zusammenbringen beider Lösungen entsteht an der Oberfläche ein metallisch glänzendes Häutchen, welches mittels Glasstäbchens in die Mischung hereingerieben wird und zwar mehrmals nach seiner schnell eintretenden Neubildung. Nach Entfernung des letzten Häutchens durch vorsichtiges, oberflächliches Überwischen der Farbmischung mit Fließpapier bringt man die Präparate mit der Blutseite nach unten (aber nicht schwimmen lassen) hinein, deckt die Schälchen zu und entnimmt nun von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Stunde ein Präparat, spült es mit dem dünnen Strahl der Wasserleitung oder einer Spritzflasche beiderseits sorgfältig ab, trocknet zwischen Fließpapier und prüft die Farbwirkung. Erscheint dieselbe ausreichend, so verfährt man mit den übrigen Präparaten in gleicher Weise und legt sie in Kanadabalsam ein. An gelungenen Präparaten sind die roten Blutkörperchen rosa, die Kerne sämtlicher Leukozyten und etwa vorhandener, kernhaltiger, roter Blutkörperchen karminviolett, der Protoplasmaleib der Lymphozyten blau, der großen mononukleären Leukozyten blaßblau, der neutrophilen Leukozyten blaßviolett bis blaßblau; das Protoplasma der Plasmodien blau, das Chromatin leuchtend karminrot bis karminviolett.

3. Empfehlenswerter als die vorgenannte Methode: „Färbung nach GIEMSA: Sorgfältig getrocknetes und gepulvertes Azur II — Eosin 3 g + Azur II 0·8 g werden in 250 ccm Glyzerin (chemisch rein, MERCK) von 60° C. unter Schütteln gelöst und unter weiterem starken Schütteln 250 ccm Methylalkohol (I KAHLBAUM) von gleicher Wärme hinzugefügt. Nach 24 stündigem Stehen bei Zimmertemperatur wird das Gemisch filtriert, und von den Filtrat für den öfteren Gebrauch am besten eine kleine Menge in ein Tropffläschchen abgefüllt. — Die fertige Farbe ist haltbar und kann gebrauchsfertig von Dr. GRÜBLER & Co., Leipzig, bezogen werden. — Zur Färbung füllt man einen graduierten Meßzylinder mit Wasser von 30—40° C., fügt unter stetem Schütteln pro Kubikzentimeter 1 Tropfen Farblösung zu und gießt diese frisch bereitete Farbe sofort auf die (wie für die Borax-Methylenblaufärbung vorbereiteten) Ausstrichpräparate. Nach 10—15 Minuten Abspülen derselben mit kräftigem Wasserstrahl, vorsichtiges Abtupfen mit Fließpapier und Trocknen, Einlegen in Kanadabalsam. An gelungenen Präparaten verhält sich die Färbung der einzelnen Elemente wie bei dem ROMANOWSKYschen Verfahren. Auch geeignet für die Untersuchung des Blutes auf Trypanosomen, Piroplasmen u. ä."

10. Tollwut.

Die Feststellung der Tollwut geschieht an dem Gehirn des unter verdächtigen Erscheinungen gestorbenen Menschen oder Tieres, und zwar

1. durch Untersuchung auf NEGRIsche Körperchen: $^1/_2$—$^3/_4$ mm dicke Scheiben aus der Mitte des Ammonshorns (bei Katzen auch aus der

Kleinhirnrinde) werden nach Henke-Zellers Schnellmethode auf 30—40 Minuten in Aceton von 37° eingelegt und hierauf auf 60—75 Minuten in flüssig gemachtes Paraffin von 55—60° Schmelzpunkt. Hierauf in üblicher Weise Ausgießen, Erstarrenlassen, Schneiden, am besten Bandserien von 5—10 μ Dicke, die auf dem Objektträger fixiert werden. Nach Entfernung des Paraffins in Xylol und Spülen in Alcohol. abs. Färbung nach Mann: Die Schnitte werden in einem Farbgemisch von 35 ccm 1 prozentige wäßrige Methylblaulösung (nicht Methylenblau!) + 35 ccm 1 prozentige wäßrige Eosinlösung + 100 ccm destilliertes Wasser $^1/_2$—4 Minuten gefärbt, in Wasser und Alcohol. abs. kurz abgespült und hierauf in alkalischem Alkohol (30 ccm Alcohol. abs. + 5 Tropfen einer 1 prozentigen Lösung von Natronlauge in Alcohol. abs.) 15—20 Sekunden geschwenkt. Hierauf Abspülen in Alcohol. abs., in destilliertem Wasser (1 Min.) und in mit Eisessig leicht angesäuertem Wasser (2 Min.); schnelles Entwässern in Alcohol. abs., Aufhellen in Xylol, Kanadabalsam.

Die Negrischen Körperchen erscheinen als hochrote rundliche Körper im Innern der großen Ganglienzellen, und zwar besonders häufig da, wo die Pyramidenzellen des Ammonshorns mit denen der Fimbrie zusammenstoßen. Die anderen Gewebselemente, insbesondere die Ganglienzellen, sind blau; nur die roten Blutkörperchen, vereinzelte Endothelien und der Nukleolus der Ganglienzellen halten den roten Farbstoff oft zäh fest, lassen sich aber durch ihre Lage, Form und andersartige rötliche Nuance fast stets mit Sicherheit von Negrischen Körperchen unterscheiden. Werden diese nicht gefunden, so hat die Entscheidung zu erfolgen:

2. Durch den Tierversuch: Von dem unterdessen in Glyzerin aufbewahrten Gehirn werden kleine Stückchen aus der Rinde, dem verlängerten Mark und den centralen Partien herausgeschnitten und mit steriler Bouillon zu einer dichten Emulsion verrieben. Von dieser wird eine geringe Menge einem trepanierten Kaninchen subdural, eine größere Menge (2 ccm) einem zweiten Kaninchen in die dicke Rückenmuskulatur neben der Wirbelsäule injiziert. Befindet sich das eingesandte Gehirn bereits in starker Fäulnis, so wird die Emulsion statt mit Bouillon mit 1 prozentiger Karbolsäurelösung hergestellt und nach 24—48 stündigem Stehen im Eisschrank zwei Kaninchen nur intramuskulär eingespritzt. Die subdural geimpften Tiere erkranken in der Regel im Laufe der dritten Woche an stiller, selten an rasender Wut, die intramuskulär geimpften meist später, manchmal erst nach vielen Wochen. Eine endgültige negative Entscheidung darf nicht vor Ablauf von 3 Monaten getroffen werden.

III. Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mittels des Schleuderpsychrometers.

Man schwingt zunächst das trockene Thermometer in der S. 40 angegebenen Weise, liest nach $^1/_2$ Minute ab, schwingt wieder $^1/_2$ Minute und wiederholt dies so lange, als noch eine Änderung der Temperatur eintritt. Sodann nimmt man die gleiche Bestimmung mit dem Thermometer vor, dessen Kugel mit befeuchtetem Musselin umhüllt ist. Die Temperatur des trockenen Thermometers sei t; die des feuchten t_1; man berechnet daraus die Differenz $t - t_1$ und findet dann die absolute Feuchtigkeit F_0 nach der Gleichung:

$$F_0 = F_1 - k \cdot B \cdot (t - t_1),$$

1. Spannungstafel.

Celsius	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
− 9	2·27	2·25	2·23	2·21	2·19	2·18	2·16	2·14	2·13	2·11
− 8	2·45	2·43	2·41	2·39	2·38	2·36	2·34	2·32	2·30	2·28
− 7	2·65	2·63	2·61	2·59	2·57	2·55	2·53	2·51	2·49	2·47
− 6	2·87	2·85	2·83	2·81	2·78	2·76	2·74	2·72	2·70	2·68
− 5	3·11	3·08	3·06	3·04	3·01	2·99	2·96	2·94	2·92	2·90
− 4	3·36	3·34	3·31	3·28	3·26	3·23	3·21	3·18	3·16	3·13
− 3	3·64	3·61	3·58	3·55	3·53	3·50	3·47	3·44	3·42	3·39
− 2	3·93	3·90	3·87	3·84	3·81	3·78	3·75	3·72	3·69	3·67
− 1	4·25	4·22	4·19	4·16	4·12	4·09	4·06	4·03	4·00	3·96
− 0	4·60	4·56	4·53	4·49	4·46	4·42	4·39	4·36	4·32	4·29
+ 0	4·60	4·63	4·67	4·70	4·73	4·77	4·80	4·84	4·87	4·91
+ 1	4·94	4·98	5·01	5·05	5·08	5·12	5·16	5·19	5·23	5·27
+ 2	5·30	5·34	5·38	5·42	5·45	5·49	5·53	5·57	5·61	5·65
+ 3	5·69	5·73	5·77	5·81	5·85	5·89	5·93	5·97	6·01	6·06
+ 4	6·10	6·14	6·18	6·23	6·27	6·31	6·36	6·40	6·45	6·49
+ 5	6·53	6·58	6·63	6·67	6·72	6·76	6·81	6·86	6·90	6·95
+ 6	7·00	7·05	7·10	7·14	7·19	7·24	7·29	7·34	7·39	7·44
+ 7	7·49	7·54	7·60	7·65	7·70	7·75	7·80	7·86	7·91	7·96
+ 8	8·02	8·07	8·13	8·18	8·24	8·29	8·35	8·40	8·46	8·52
+ 9	8·57	8·63	8·69	8·75	8·81	8·87	8·93	8·99	9·05	9·11
+10	9·17	9·23	9·29	9·35	9·41	9·47	9·54	9·60	9·67	9·73
+11	9·79	9·86	9·92	9·99	10·05	10·12	10·19	10·26	10·32	10·39
+12	10·46	10·53	10·60	10·67	10·73	10·80	10·88	10·95	11·02	11·09
+13	11·16	11·24	11·31	11·38	11·46	11·53	11·61	11·68	11·76	11·83
+14	11·91	11·99	12·06	12·14	12·22	12·30	12·38	12·46	12·54	12·62
+15	12·70	12·78	12·86	12·95	13·03	13·11	13·20	13·28	13·37	13·45
+16	13·54	13·62	13·71	13·80	13·89	13·97	14·06	14·15	14·24	14·33
+17	14·42	14·51	14·61	14·70	14·79	14·88	14·98	15·07	15·17	15·26
+18	15·36	15·45	15·55	15·65	15·75	15·85	15·95	16·05	16·15	16·25
+19	16·35	16·45	16·55	16·66	16·76	16·86	16·96	17·07	17·18	17·29
×20	17·39	17·50	17·61	17·72	17·83	17·94	18·05	18·16	18·27	18·38
+21	18·50	18·61	18·72	18·84	18·95	19·07	19·19	19·31	19·42	19·54
+22	19·66	19·78	19·90	20·02	20·14	20·27	20·39	20·51	20·64	20·76
+23	20·91	21·02	21·14	21·27	21·41	21·53	21·66	21·79	21·92	22·05
+24	22·18	22·32	22·45	22·59	22·72	22·86	23·00	23·14	23·27	23·41
+25	23·55	23·69	23·83	23·98	24·12	24·26	24·41	24·55	24·70	24·84
+26	24·99	25·14	25·29	25·44	25·59	25·74	25·89	26·05	26·20	26·35
+27	26·51	26·66	26·82	26·98	27·14	27·29	27·46	27·62	27·78	27·94
+28	28·51	28·27	28·43	28·60	28·77	28·93	29·10	29·27	29·44	29·61
+29	29·78	29·96	30·13	30·31	30·48	30·65	30·83	31·01	31·19	31·37

2. Tabelle für den Faktor $k \cdot B \cdot (t - t_1)$.

$t - t_1$	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
0	0·00	0·06	0·11	0·16	0·21	0·26	0·32	0·37	0·42	0·48
1	0·53	0·58	0·63	0·69	0·74	0·79	0·84	0·90	0·95	1·00
2	1·05	1·11	1·16	1·21	1·26	1·31	1·37	1·42	1·47	1·52
3	1·58	1·63	1·68	1·74	1·79	1·84	1·89	1·95	2·00	2·05
4	2·10	2·16	2·21	2·26	2·31	2·37	2·42	2·47	2·52	2·57
5	2·63	2·69	2·74	2·79	2·84	2·90	2·95	3·00	3·05	3·10
6	3·16	3·21	3·26	3·32	3·37	3·42	3·47	3·52	3·58	3·63
7	3·68	3·73	3·79	3·84	3·89	3·95	4·00	4·05	4·10	4·15
8	4·21	4·26	4·31	4·37	4·42	4·47	4·52	4·57	4·63	4·68
9	4·73	4·79	4·84	4·89	4·94	5·00	5·05	5·10	5·15	5·20
10	5·26	5·31	5·36	5·42	5·47	5·53	5·58	5·63	5·68	5·73
11	5·79	5·84	5·89	5·94	6·00	6·05	6·10	6·16	6·21	6·26
12	6·31	6·37	6·42	6·47	6·52	6·57	6·63	6·68	6·73	6·78
13	6·84	6·85	6·94	6·99	7·05	7·10	7·15	7·21	7·26	7·31
14	7·36	7·42	7·47	7·52	7·57	7·63	7·68	7·73	7·68	7·83
15	7·89	7·94	7·99	8·05	8·10	8·16	8·21	8·26	8·31	8·36
16	8·42	8·47	8·52	8·57	8·63	8·68	8·73	8·79	8·84	8·89
17	8·94	8·99	9·05	9·10	9·15	9·21	9·26	9·31	9·36	9·41
18	9·47	9·52	9·57	9·63	9·68	9·73	9·78	9·83	9·89	6·94
19	9·99	10·04	10·10	10·15	10·20	10·26	10·31	10·36	10·41	10·46

wo F_1 die maximale Feuchtigkeit (Sättigungsmaximum) bei der Temperatur t_1 bedeutet; zu entnehmen aus der umstehenden Tabelle 1. Spannungstafel

k = eine Konstante, bei der vorgeschriebenen Geschwindigkeit des Schwingens ermittelt zu = 0·0007;

B = Barometerstand, hat geringen Einfluß; kann innerhalb 15 mm Schwankung als konstant angesehen werden.

Nimmt man einen mittleren Barometerstand von 745 mm an, so ist der Wert des Faktors $k \cdot B \cdot (t - t_1)$ für Barometerstände zwischen 730 und 760 mm nur von dem für $(t - t_1)$ gefundenen Wert abhängig und läßt sich daher aus der umstehenden Tabelle 2 entnehmen.

In derselben sucht man zunächst in der ersten Kolumne die ganzen Grade von $t - t_1$ auf, und geht dann horizontal weiter bis zu der Kolumne, welche mit der Zahl der Zehntelgrade überschrieben ist. Man findet so den Wert, $k \cdot B \cdot (t - t_1)$, zieht diesen gemäß der oben gegebenen Gleichung von dem Wert für F_1 ab und hat damit F_0 (in mm Hg). — Für stark abweichende Barometerstände muß die Rechnung ohne Benutzung einer Tabelle ausgeführt werden.

Um die Sättigungsprozente zu finden, rechnet man $\frac{100 \cdot F_0}{F}$, wo F die maximale Feuchtigkeit bei der Temperatur t bedeutet (zu entnehmen aus Tabelle 1). Das Sättigungsdefizit ergibt sich aus $F - F_0$. Um den Taupunkt zu finden, sucht man den Wert von F_0 unter den Spannungswerten der Tabelle 1 und findet daneben in der ersten Kolumne die zugehörige Taupunktstemperatur.

Beispiel: t wird gefunden zu $20 \cdot 5^0$; t_1 zu $15 \cdot 4^0$; $t - t_1 = 5 \cdot 1^0$.

In Tabelle 1 findet man $F = 17 \cdot 94$ mm; $F_1 = 13 \cdot 03$ mm. Aus obenstehender Tabelle entnimmt man $k \cdot B \cdot (t - t_1) = 2 \cdot 69$, indem man in der ersten Kolumne $(t - t_1)$ die Zahl 5 aufsucht und von dieser aus horizontal weitergeht bis zu der 0·1 überschriebenen Kolumne; als den der Temperaturdifferenz $5 \cdot 1^0$ zugehörigen Wert findet man hier = 2·69. Folglich hat man:

$$F_0 = 13 \cdot 03 - 2 \cdot 69 = 10 \cdot 74 \text{ mm}.$$

Die Sättigungsprozente sind $= \frac{100 \cdot 10 \cdot 74}{17 \cdot 94} = 59 \cdot 8$ Prozent; das Sättigungsdefizit $= 17 \cdot 94 - 16 \cdot 74 = 7 \cdot 20$ mm; der Taupunkt $= 12 \cdot 4^0$.

IV. Bestimmung des CO_2-Gehalts der Luft.

A. Genaue Bestimmung.

Man bezieht aus der Apotheke: 1. in mit Glasstopfen verschlossener Flasche eine verdünnte Schwefelsäure, 2·227 g SO_4H_2 im Liter enthaltend; 1 ccm derselben entspricht 1 mg CO_2. 2. eine Strontiumhydratlösung von solcher Konzentration, daß 1 ccm durch 1 ccm der vorgenannten Schwefelsäure gerade neutralisiert wird. Die Flasche muß im Verschluß ein mit Natronkalk gefülltes U-Rohr enthalten, so daß bei der Entnahme (mittels Pipette) nur von CO_2 befreite Luft in die Flasche nachströmen kann; andernfalls verändert sich der Titer der Lösung zu rasch. 3. Lösung von 1 Prozent Phenolphtaleïn in 70prozentigem Alkohol.

Vor der Bestimmung ist der Titer des Strontiumwassers nochmals zu kontrollieren. Man nimmt dazu ein 60 ccm fassendes Erlenmeyersches Kölbchen, das mit doppelt durchbohrtem Kautschukstopfen verschlossen wird. Durch die eine Bohrung läßt man 25 ccm Strontiumwasser und dann mittels Tropfpipette 1—2 Tropfen Phenolphtaleïnlösung einlaufen; die Bohrung wird dann sofort mit einem Glasstäbchen geschlossen. Durch die andere Bohrung steckt man gleich darauf eine Glashahnbürette mit lang ausgezogener Spitze, die bis zur äußersten Spitze mit der Schwefelsäure gefüllt ist. Man läßt nun die Säure langsam zum Strontiumwasser zulaufen und lockert von Zeit zu Zeit das Glasstäbchen, um die gespannte Luft entweichen zu lassen. Nach jedem Säurezusatz schüttelt man vorsichtig um. Sobald die Mischung farblos wird, liest man die bis dahin verbrauchte Säuremenge ab.

Zur Ausführung der CO_2-Bestimmung nimmt man einen langhalsigen Kolben von 3—4 Liter Inhalt, dessen Kapazität vorher durch Ausmessen mit Wasser genau bestimmt war. In diesen wird die Luft des Untersuchungsraumes mittels eines Blasebalges mit langem Ansatzrohr hineingeblasen. Gleichzeitig wird die Lufttemperatur und der Luftdruck abgelesen. Dann wird der Kolben mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen, in dessen Bohrungen Glasstäbe stecken. Man mißt dann in eine Pipette 50 ccm Strontiumwasser ab, nimmt den einen Glasstab heraus, läßt das Strontiumwasser durch diese Bohrung einfließen, und schließt sofort wieder. Darauf schwenkt man das Strontiumwasser vorsichtig im Kolben hin und her und läßt den Kolben schließlich 12 Stunden stehen, um vollständige Absorption der CO_2 zu erreichen. (Für annähernde Bestimmungen genügt einstündiges Stehenlassen.) Nun wird die früher benutzte Glashahnbürette mit Schwefelsäure gefüllt, der eine Glasstab entfernt, zunächst 2 Tropfen Phenolphtaleïn eingelassen, dann

die Bürette durchgesteckt und wiederum unter zeitweisem Lüften des anderen Glasstabs bis zur Entfärbung titriert.

Waren z. B. bei der Titrestellung des Strontiumwassers auf 25 ccm desselben 24 ccm Schwefelsäure, also auf 50 ccm 48 ccm Schwefelsäure verbraucht, dagegen für die mit der untersuchten Luft geschwenkten 50 ccm Strontiumwasser nur 40 ccm Schwefelsäure, so kommen 8 ccm auf Rechnung der CO_2 jener Luft, und diese entsprechen = 8 mg CO_2. Um die Milligramme CO_2 in Kubikzentimeter zu verwandeln, muß man erstere durch das Volumgewicht der CO_2 dividieren, das bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenem Luftdruck folgenden Wert hat:

1 Liter CO_2 wiegt Gramm:

	740 mm	744 mm	748 mm	752 mm	756 mm	760 mm	764 mm	768 mm
10°	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86	1·87	1·88	1·89
12°	1·81	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86	1·87	1·88
14°	1·79	1·80	1·81	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86
16°	1·78	1·79	1·79	1·81	1·82	1·82	1·83	1·84
18°	1·76	1·77	1·77	1·79	1·80	1·81	1·82	1·83
20°	1·74	1·75	1·75	1·77	1·78	1·79	1·80	1·81
22°	1·73	1·73	1·74	1·75	1·76	1·77	1·78	1·79
24°	1·71	1·72	1·73	1·74	1·75	1·76	1·76	1·77

Hatte man zur Zeit des Versuchs z. B. 15° und 760 mm Barometerstand, so sind die 8 mg CO_2 durch 1·83 zu dividieren, und man findet so 4·37 ccm CO_2. Enthielt die Sammelflasche beispielsweise 8420 ccm Luft, so war der Gehalt der Luft an CO_2: $\frac{4\cdot37}{8420} = \frac{x}{1000}$ also 1·28 Promille.

B. Approximative Bestimmung.

Der Lunge-Zeckendorffsche Apparat wird entweder von Cramer in Zürich fertig bezogen, oder man stellt sich den Apparat folgendermaßen zusammen: Zu einem Pulverfläschchen von ca. 80 ccm Kapazität wird ein passender doppelt durchbohrter Kautschukstopfen ausgesucht. Die eine Bohrung trägt ein gerades, bis zum Boden des Fläschchens reichendes Glasrohr und an dessen äußerer Spitze ein Stück Gummischlauch; durch die andere Bohrung ist ein kurzes gekrümmtes Glasrohr gesteckt, dessen äußeres Ende durch einen Kautschukschlauch mit einem Gummiballon von etwa 70 ccm Kapazität verbunden ist. Ein Längsschlitz in dem letzterwähnten Kautschukschlauch liefert ein Ventil, das beim Komprimieren des Ballons die Luft vollständig austreten läßt, wenn gleichzeitig der Kautschukansatz auf dem geraden Glasrohr zugeklemmt wird; läßt man aber dann den Ballon los und hebt gleichzeitig jenen Verschluß auf, so geht alle Luft nur durch das gerade Glasrohr und das Pulverfläschchen in den Ballon, während das Ventil keine Luft passieren läßt.

In das Fläschchen bringt man 10 ccm einer dünnen mit Phenolphtaleïn rot gefärbten Sodalösung (man hält sich zweckmäßig eine Lösung von 5·3 g wasserfreier Soda in 1 Liter = $^1/_{10}$ Normalsodalösung vorrätig, in welcher man 0·1 g Phenolphtaleïn aufgelöst hat. Von dieser Lösung verdünnt man am Versuchstage 2 ccm mit 100 ccm destillierten, ausgekochten und wieder abgekühlten

Wassers). Sodann läßt man mit Hilfe des Ballons und der beschriebenen Ventilwirkung eine Ballonfüllung Luft des Untersuchungsraumes nach der anderen durch die Sodalösung streichen; nach jeder frischen Füllung schließt man mit dem Finger den offenen Kautschukschlauch und schüttelt das Gläschen eine volle Minute lang, damit alle CO_2 der Luft absorbiert wird. In dieser Weise fährt man fort, bis die Sodalösung entfärbt ist. Aus der bis dahin verbrauchten Zahl von Ballonfüllungen läßt sich der CO_2-Gehalt der Luft annähernd entnehmen. Im Mittel braucht man

in	einer	Luft	von	0·3 Promille CO_2		48	Ballonfüllungen
„	„	„	„	0·4 „	„	35	„
„	„	„	„	0·5 „	„	27	„
„	„	„	„	0·6 „	„	21	„
„	„	„	„	0·7 „	„	17	„
„	„	„	„	0·8 „	„	13	„
„	„	„	„	0·9 „	„	10	„
„	„	„	„	1·0 „	„	9	„
„	„	„	„	1·2 „	„	8	„
„	„	„	„	1·4 „	„	7	„
„	„	„	„	1·5 „	„	6	„

Geht der CO_2-Gehalt der Luft über 1·5 Promille hinaus, so ist es besser, den Versuch mit einer doppelt so starken Sodalösung (2 ccm der Stammlösung mit 50 ccm Wasser verdünnt) zu wiederholen. Bei Verwendung dieser Lösung zeigen an:

1·2 Promille CO_2		16	Ballonfüllungen
1·5 „	„	12	„
2·0 „	„	8	„
2·2 „	„	7	„
2·5 „	„	6	„
3·0 „	„	5	„
3·7 „	„	4	„

Jeder Apparat liefert je nach der Kapazität des Ballons, des Fläschchens usw. verschiedene Resultate. Obige Tabellen geben daher nur Mittelwerte. Will man einigermaßen sichere Resultate haben, so muß man in Luft von verschiedenem CO_2-Gehalt die CO_2 mittels der oben angegebenen genauen Methode bestimmen, und gleichzeitig sehen, wieviel Ballonfüllungen mit einem bestimmten Apparat auf diesen bekannten CO_2-Gehalt verbraucht werden. Für den in dieser Weise in 2 oder 3 Luftarten geeichten Apparat entwirft man eine korrigierte Tabelle und erhält dann sehr befriedigende Resultate.

V. Chemische Trinkwasseranalyse.

1. Organische Stoffe (Sauerstoffverbrauch).

Reagenzien. 1. Oxalsäurelösung, 0·63 g in Liter gelöst. 10 ccm dieser Lösung verbrauchen 0·8 mg Sauerstoff zur Oxydation. Die Lösung ist etwa 2 Wochen haltbar. 2. Lösung von 0·35 g Kaliumpermanganat ($KMnO_4$) in 1 Liter Wasser. Diese Lösung ist in folgender Weise auf die Oxalsäure genau einzustellen: In einen Kochkolben von 300 ccm Kapazität kommen 100 ccm reines destilliertes Wasser und 5 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 Säure + 3 aq.). Man erhitzt und hält 5 Minuten im Sieden; fügt dann zur Zerstörung etwa noch

vorhandener organischer Substanzen so viel $KMnO_4$ zu, bis bei weiterem Erhitzen schwache Rosafärbung bestehen bleibt. Dann fügt man 10 ccm der Oxalsäurelösung zu, und läßt in die heiße Flüssigkeit aus der auf den Nullpunkt wieder aufgefüllten Bürette Chamäleonlösung zufließen, bis eben schwache Rötung eintritt. Die bis zu diesem Punkte verbrauchten Kubikzentimeter Chamäleonlösung vermögen dann gerade jene 0·8 mg Sauerstoff abzugeben, welche die 10 ccm Oxalsäure zur Oxydation erfordern. Die Chamäleonlösung wird eventuell der einfacheren Rechnung wegen noch weiter verdünnt, bis 10 ccm genau 0·8 mg O entsprechen.

Ausführung: In dem vorhin gebrauchten Kochkolben werden 100 ccm des zu untersuchenden Wassers + 5 ccm verdünnte Schwefelsäure zum Sieden erhitzt; man fügt 7—8 ccm Chamäleonlösung und kocht genau 10 Minuten; wird während des Siedens die Farbe erheblich blasser, so setzt man einige weitere Kubikzentimeter Chamäleonlösung zu. Nach Ablauf der 10 Minuten läßt man 10 ccm der Oxalsäurelösung einlaufen, worauf sofort Entfärbung eintritt, nimmt den Kolben von der Flamme fort und fügt nun tropfenweise Chamäleonlösung zu, bis schwache Rosafärbung bestehen bleibt. — Von dem Gesamtverbrauch an Chamäleonlösung zieht man die zur Oxydation der 10 ccm Oxalsäure verbrauchten Kubikzentimeter ab und erhält so die Menge Chamäleon, welche von den organischen Stoffen der 100 ccm Wasser zur Oxydation konsumiert sind.

Beispiel: Titer der Chamäleonlösung: 9·4 ccm = 10 ccm Oxalsäurelösung = 0·8 mg Sauerstoff; 1 ccm Chamäleon also = 0·085 mg Sauerstoff. — 100 ccm Wasser verbrauchten im Versuch im ganzen 17·6 ccm Chamäleonlösung; davon gehen 9·4 auf Rechnung der zugesetzten Oxalsäure; es bleiben = 8·2 ccm = 8·2 × 0·085 mg Sauerstoff. 100 ccm Wasser verbrauchen folglich = 0·697 mg, 1 Liter = 6·97 mg Sauerstoff. — Will man auf Verbrauch von Permanganat umrechnen, so ist die Sauerstoffmenge mit 3·94 zu multiplizieren.

2. Ammoniak.

Das Nesslersche Reagens erzeugt mit den fast stets in Wässern vorhandenen Kalksalzen einen Niederschlag, der die Abschätzung der mit NH_3 entstehenden Färbung hindert. Zur Entfernung der Kalksalze versetzt man daher zunächst 300 ccm des zu untersuchenden Wassers in einem hohen Zylinder mit 1 ccm Natronlauge (1 : 4) und 2 ccm Sodalösung (1 : 3). Nach 6—12 stündigem Stehen und vollständigem Absetzen des Niederschlages nimmt man von der klaren Flüssigkeit 20 ccm und versetzt mit 1 ccm des Nesslerschen Reagens. Durch Gelbfärbung oder gelbrötlichen Niederschlag ist NH_3 nachgewiesen.

Zur quantitativen Abschätzung löst man 3·141 g Salmiak (= 1 g NH_3) in 1 Liter Wasser. Davon entnimmt man 50 ccm und verdünnt auf 1 Liter, so daß 1 ccm dieser Lösung 0·05 mg NH_3 enthält. Nun füllt man in drei gleiche Zylinder je 100 ccm dest. Wasser, setzt dem einen 0·1 ccm, dem zweiten 0·5 ccm und dem dritten 1·0 ccm der NH_3-Lösung zu, einem NH_3-Gehalt von 0·005, von 0·025 und von 0·05 mg in 100 ccm entsprechend. In jeden Zylinder gibt man ferner 1 ccm Nesslerschen Reagens, füllt nun einen vierten Zylinder mit 100 ccm des zu untersuchenden Wassers, versetzt auch dieses mit 1 ccm Nessler und vergleicht die Färbung der Proben, indem man von oben durch die Höhe der Schicht gegen eine weiße Unterlage sieht. Ist die Farbe des Wassers keiner der Proben von bekanntem NH_3-Gehalt gleich, so werden weitere Stufen von letzterem hergestellt, bis das untersuchte Wasser und eine Probe von bekanntem Gehalt harmonieren.

3. Salpetrige Säure.

100 ccm Wasser werden in einem Zylinder mit 1—2 ccm verdünnter SO_4H_2 und mit ungefähr 3 ccm Zinkjodidstärkelösung versetzt. Blaufärbung zeigt Nitrite an.

Quantitative Abschätzung erfolgt durch kolorimetrische Vergleichung, wie bei der Bestimmung des NH_3. Als Vergleichsflüssigkeit dient eine Lösung von 1·815 g $NaNO_2$ (= 1 g N_2O_3) in 1 Liter; zum Gebrauch werden 10 ccm auf 1 Liter verdünnt, so daß 1 ccm = 0·01 mg N_2O_3 enthält. Von dieser Lösung fügt man zu je 100 ccm 0·2, 1·0 und 5·0 ccm, und schaltet nach Bedarf weitere Vergleichsstufen ein.

Oder: 100 ccm Wasser werden mit 1—2 ccm verdünnter Schwefelsäure und 1 ccm Lösung von Diamidobenzol (5 g Metadiamidobenzol unter Zusatz von verdünnter SO_4H_2 in Wasser gelöst, zum Liter aufgefüllt, und falls die Lösung stärker gefärbt ist, durch Tierkohle filtriert). Es entsteht gelbbraune Färbung, wenn N_2O_3 zugegen ist. — Quantitativ-kolorimetrische Bestimmung wie oben.

4. Salpetersäure.

Qualitativ: 2 ccm Wasser werden im Reagenzglas mit einigen Tropfen Brucinlösung versetzt; dann läßt man bei schräger Haltung des Glases vorsichtig konzentrierte Schwefelsäure am Rande herunterfließen. An den Berührungsstellen der beiden übereinander geschichteten Flüssigkeiten entsteht vorübergehend ein rosafarbener Ring.

Oder: Von einer Lösung von 0·1 g Diphenylamin in 1 Liter konzentrierter SO_4H_2 gießt man 2—3 ccm in ein Reagenzglas, setzt tropfenweise das zu untersuchende Wasser zu und schüttelt; bei starkem Nitratgehalt tritt schon nach 1 Tropfen, bei mäßigem Gehalt erst nach 5—10 Tropfen bleibende Blaufärbung ein.

Quantitativ: Eine vom Apotheker zu bereitende Indigolösung von solcher Stärke, daß ungefähr 8 ccm durch 1 mg N_2O_5 entfärbt werden, wird mit Salpeterlösung von bekanntem Gehalt genau titriert. Letztere bereitet man dadurch, daß 7·484 g Kaliumnitrat (= 4·0 g N_2O_5) in 1 Liter Wasser gelöst werden; davon werden 10 ccm zu 1 Liter aufgefüllt; 1 ccm der Lösung enthält davon 0·04 mg, 25 ccm enthalten 1 mg N_2O_5. 25 ccm dieser Lösung werden sodann in einem Kolben von 150 ccm Kapazität mit 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure versetzt, und Indigolösung aus der Bürette zugelassen, bis flaschengrüne Färbung mehrere Minuten bestehen bleibt. Der Versuch wird sogleich wiederholt und diesmal die Indigolösung bis nahe an die gefundene Grenze in einem Strahle zugesetzt, und dann wieder bis zur Färbung titriert, die jetzt etwas später einzutreten pflegt. Sind beispielsweise 9 ccm Indigolösung verbraucht, so zeigt ein Kubikzentimeter der Lösung $^1/_9$ = 0·11 mg N_2O_5 an.

Um den Nitratgehalt eines Wassers zu bestimmen, nimmt man 25 ccm, versetzt mit 50 ccm konzentrierter SO_4H_2 und verfährt genau wie oben. Wird wesentlich mehr als 8 ccm Indigolösung verbraucht, so ist das Wasser mit destilliertem Wasser entsprechend zu verdünnen und der Versuch zu wiederholen.

5. Chloride.

Reagenzien: 1. $^1/_{10}$ Normal-Silberlösung (17·0 g $AgNO_3$ = 10·8 g Ag in 1 Liter Wasser gelöst); 1 ccm der Lösung sättigt 3·55 mg Cl bezw. 5·85 mg ClNa. 2. Neutrale Kaliumchromatlösung, ca. 3 Prozent.

Ausführung: 100 ccm Wasser werden in einem Wasserglas mit 3 bis 5 Tropfen der Kaliumchromatlösung versetzt. Dann fügt man aus der Bürette

die Silberlösung zu, bis nach Umrühren mit einem Glasstabe die gelbe Farbe der ganzen Flüssigkeit sich in einen gelbroten Farbenton verwandelt hat. Die Zahl der bis dahin verbrauchten Kubikzentimeter Silberlösung gibt, multipliziert mit 3·55, die Milligramme Chlor, die in 100 ccm Wasser enthalten waren.

6. Härte.

Seifenlösung, durch Auflösen von 20 g reiner Seife im Liter Alkohol von 56 Volumprozenten bereitet, wird gegen eine Kalk- oder besser Bariumlösung von bekanntem Gehalt titriert. Man löst zu dem Zweck 0·523 g $BaCl_2$ in 1 Liter Wasser; diese Lösung entspricht 12 (deutschen) Härtegraden, d. h. 100 ccm enthalten eine 12 mg BaO äquivalente Ba-Menge. Man füllt dann 100 ccm Bariumlösung in eine Glasstopfenflasche von 200 cm Kapazität, fügt Seifenlösung aus einer Bürette zu, setzt den Stopfen auf und schüttelt kräftig, fährt dann mit dem Zusatz der Seifenlösung fort, und zwar solange, bis nach dem Schütteln ein feinblasiger Schaum auf der ganzen Oberfläche der Flüssigkeit ca. 5 Minuten stehen bleibt. Je nach dem Ausfall des Versuchs wird dann die Seifenlösung mit 56 prozentigem Alkohol so weit verdünnt, daß gerade 45 ccm derselben bis zur Schaumbildung erforderlich sind.

Von dem zu untersuchenden Wasser werden ebenfalls 100 ccm in eine Stöpselflasche gefüllt und allmählich mit Seifenlösung titriert, bis bleibender Schaum auftritt. Werden mehr als 45 ccm verbraucht, so ist das Wasser zu verdünnen. Der Verbrauch an Seifenlösung ist dann nicht etwa der Härte des Wassers einfach proportional, sondern letztere ergibt sich aus folgender Tabelle:

Verbrauch an Seifenlösung		Härte in deutschen Härtegraden (Millligramm CaO in 100 ccm Wassers)
3·4	0·4 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	0·5
5·4		1·0
7·4		1·5
9·4		2·0
11·3	0·38 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	2·5
13·2		3·0
15·1		3·5
17·0		4·0
18·0		4·5
20·8		5·0
22·6	0·36 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	5·5
24·4		6·0
26·2		6·5
28·0		7·0
29·8		7·5
31·6		8·0
33·3	0·34 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	8·5
35·0		9·0
36·7		9·5
38·4		10·0
40·1		10·5
41·8		11·0
43·4	0·32 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	11·5
45·0		12·0

7. Mangannachweis.

a) nach Proskauer (auf Grund der Blum schen Reaktion): 100 ccm Wasser werden, eventuell nach Klärung durch Salzsäurezusatz und Filtration, in einem Kolorimeterzylinder versetzt mit:

1. 2 ccm einer konzentrierten Weinsäurelösung;
2. Ammoniak so lange, bis nach kräftigem Umschütteln ein Überschuß von NH_3 durch den Geruch deutlich wahrnehmbar ist;
3. Ferrocyankalium, 2 ccm gesättigte Lösung. (Die Mischung muß hierbei grünlichgelb bleiben; wird sie blaugrün, so ist zuwenig NH_3 zugesetzt oder zuwenig geschüttelt und der Versuch am besten nochmals neu anzustellen.)

Bei Mangananwesenheit tritt entweder sofort oder erst nach einiger Zeit (eventuell bis 2 Stunden) ein weißer Niederschlag bezw. eine Trübung auf. Mangangehalt von 0·05 mg in 100 ccm Wasser noch mit Sicherheit nachweisbar.

b) nach Baumert und Holdefleiss: Um den Mangangehalt eines Wassers zunächst annähernd kennen zu lernen, mischt man 10 ccm des Wassers in einem Reagenzglase mit einigen Tropfen 10prozentiger Lösung von Ammoniumpersulfat $S_2O_8(NH_4)_2$ und verdünnter Salpetersäure, fügt dann etwas mehr Silbernitratlösung, als zur Fällung des Chlors notwendig ist, hinzu und schüttelt um; tritt sogleich oder nach einigen Minuten eine mehr oder weniger deutliche Rotfärbung ein, so enthält das Wasser etwa 0·5 mg und mehr Mangan im Liter. Bleibt diese Reaktion aus oder tritt sie erst nach einiger Zeit ein, so schüttelt man 10 ccm des Wassers nach Zusatz von einigen Tropfen KOH oder NaOH kräftig durch und fügt etwas Jodkalium, Salzsäure und Stärkelösung hinzu; eine sofort eintretende Blaufärbung zeigt, besonders bei Durchsicht auf einem weißen Hintergrunde, noch einen Mangangehalt bis unter 0·1 mg im Liter deutlich an (bei dieser Probe ist etwa vorhandene salpetrige Säure vorher durch Erhitzen mit etwas Salzsäure, Eisen durch Schütteln des Wassers mit Zinkoxyd oder Bariumkarbonat abzuscheiden). — Genauere quantitative Bestimmung s. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel. 1904 S. 177. — Hygienische Rundschau 1905 S. 713.

VI. Die Bestimmung des Milchfetts mittels des Laktobutyrometers.

In das Laktobutyrometer füllt man 10 ccm der gut durchgemischten Milch und gibt 1—2 Tropfen Natronlauge (1 : 3) zu; dann läßt man aus einer anderen Pipette 10 ccm reinen Äther zufließen, verschließt das Laktobutyrometer mit einem gut passenden Kork und schüttelt, unter zeitweisem vorsichtigen Lüften des Korks, kräftig durch, bis eine homogene Mischung entstanden ist. Hierauf fügt man mittels einer dritten Pipette 10 ccm 91prozentigen Alkohol zu und schüttelt nach dem Aufsetzen des Korks wieder einige Male kräftig und stoßweise, aber nicht zu anhaltend, bis die Kaseïnklümpchen sich einigermaßen verteilt haben. Nun kommt die Röhre in einen Zylinder mit 40° warmem Wasser für 15—20 Minuten, darauf in Wasser von 20° für 5 Minuten;

und dann wird die Höhe der oben abgeschiedenen Ätherfettlösung an der Skala des Laktobutyrometers abgelesen. Die Fettmenge ist aus der gefundenen Menge von Ätherfettlösung nach folgender Tabelle zu berechnen:

Ätherfettlösung	Fett	Ätherfettlösung	Fett
ccm	Prozente	ccm	Prozente
0·1	1·34	1·1	3·38
0·2	1·54	1·2	3·58
0·3	1·75	1·3	3·79
0·4	1·95	1·4	3·99
0·5	2·16	1·5	4·20
0·6	2·36	1·6	4·40
0·7	2·56	1·7	4·63
0·8	2·77	1·8	4·96
0·9	2·97	1·9	5·31
1·0	3·18	2·0	5·66

Register.






COUNTWAY LIBRARY
HC 26IJ V